

MODELOS ECONOMÉTRICOS DE CAPITAL HUMANO: Principales enfoques y evidencia empírica

Isabel Neira Gómez

Profesora Titular de Econometría de la USC

Published 2003

<http://www.usc.es/economet>

Resumen: En este trabajo se realiza una revisión a la literatura empírica de crecimiento económico, desde la vertiente del capital humano. Se analiza la consideración de la educación en la economía desde el pensamiento clásico hasta las más actuales teorías de crecimiento endógeno, teniendo en cuenta efectos directos, como el efecto nivel y el efecto tasa, y efectos indirectos como el efecto inversión y otros. Se incluyen estimaciones cross-section y con datos de panel de los países de la OCDE.

1.- La educación en el pensamiento económico.....	5
1.1. Primeras aportaciones	5
1.2. El enfoque neoclásico.....	6
1.3. El factor residual y el crecimiento endógeno	7
1.4. Principales enfoques teóricos del capital humano.....	10
1.5. Principales enfoques econométricos del capital humano	14
2.- La educación en los modelos econométricos: efecto nivel.....	16
2.1. Primeras aportaciones del período 1951-89	16
2.2. Las bases de datos de Summers y Heston y de Barro y Lee	17
2.3. Modelos de Barro(1991) y (1997).....	17
2.4. Modelo de Mankiw, Romer y Weill (1992).....	22
2.5. Otros modelos de efecto nivel	25
3.- La educación en los modelos econométricos: efecto tasa.....	27
3.1. Modelo de Romer(1990)	27
3.2. Modelo Kyriacou(1991)	29
3.3. Modelo de Benhabid y Spiegel(1994).....	33
3.4. Otros modelos de efecto tasa.....	36
4.-La educación en los modelos econométricos: efecto inversión y otros.....	
5.- Estimación de modelos de capital humano con datos de la OCDE.....	55
Referencias bibliográficas	58

* In collaboration with the Euro-American Association of Economic Development Studies

1- LA EDUCACIÓN EN EL PENSAMIENTO ECONÓMICO.

La educación ha sido un elemento trascendental en la doctrina económica a lo largo de la historia de la Economía. A pesar de la importancia concedida desde los economistas clásicos hasta la actualidad, será a partir de la década de los sesenta con la difusión de la teoría del capital humano cuando comience el desarrollo de la "economía de la educación" como una disciplina científica propia dentro del campo de la economía.

Después del gran "boom" que tuvo lugar en la década de los setenta en esta doctrina, se produjo una ralentización en el ritmo de expansión de la economía de la educación como disciplina, pero dicho crecimiento ha sido continuado.

Si bien se puede hablar de dos etapas en los estudios relativos a la educación, Blaug denomina a los economistas de ambas etapas de primera y segunda generación, considerando a los economistas del capital humano y los trabajos que en esta época se llevan a cabo relativos a temas como la contribución de la educación al crecimiento económico como de primera generación. Considera estudios de segunda generación, a aquellos que tienen lugar en una segunda fase, que si bien no se dispone de una delimitación clara, podríamos situarla a finales de la década de los ochenta con el relanzamiento de los trabajos que analizan la contribución de la educación al desarrollo económico, que habían permanecido aletargados como consecuencia de la crisis económica sufrida en los años setenta.

La definición y acotación de lo que se entiende como educación supone considerar todo aquello que aprendemos a lo largo de nuestra vida, o bien centrarse en la educación como los conocimientos que adquirimos a lo largo del tiempo de escolarización y que nos permiten obtener un bagaje de habilidades que pueden ser intelectuales o manuales.

La concepción económica de la educación trata de cuantificar tal concepto su impacto en la economía real, es decir como la educación puede contribuir al desarrollo económico, al bienestar social, al incremento de productividad o al incremento de los salarios de los trabajadores, etc..., desde esta perspectiva tratamos a continuación de realizar un breve repaso a la consideración que ha tenido la variable educación en los estudios económicos a lo largo de la historia.

1.1.-Las primeras aportaciones.

Dado que el desarrollo de los enfoques más interesantes se produce en la segunda mitad del siglo XX, mencionaremos previamente algunos enfoques teóricos que tuvieron en cuenta el papel de la educación con anterioridad.

Hasta los años setenta en los que se produjo el gran boom de la Economía de la Educación, y por lo tanto de la importancia del capital humano, los únicos bienes considerados generalmente como medio de producción eran la tierra, el trabajo y el capital, pero no se trataba al capital humano como un factor específico. Sin embargo ha habido

contribuciones pioneras que ya anunciaban la importancia que habría de reconocerse a la educación como un factor productivo.

Serán los mercantilistas los primeros que tengan en cuenta la trascendencia de la educación en la economía. Uno de los autores que concedió gran importancia a este tema fue Petty, que señalaba como uno de los factores fundamentales para el crecimiento económico la necesidad de una educación adecuada para los trabajadores.

El pensamiento de los economistas clásicos constituirá la primera contribución importante al debate sobre el crecimiento económico, así Smith considera a la educación como un bien económico de carácter "superior", que permite obtener una ganancia mayor que los gastos necesarios para su obtención a aquel individuo que la adquiere.

Otros economistas clásicos como Ricardo y Malthus no se verán influenciados por los postulados de Smith, y no conceden un papel importante a la educación.

Stuart Mill sigue las teorías de Smith al afirmar que la educación de los individuos provocará un aumento de productividad en el trabajo y una compensación por el esfuerzo que para ellos supone la inversión en educación.

Uno de los autores clásicos que mayor importancia concedió al tema de la educación fue Senior que a pesar de ser partidario del "laissez-faire", abogaba por la intervención del Estado en la economía en el tema educativo. Consideraba que los padres no siempre tomarían la decisión correcta a la hora de enviar a sus hijos a la escuela y que por lo tanto se debía intervenir en forzar una educación obligatoria.

La escuela Neoclásica que dominó el pensamiento económico hasta entrado el siglo XX, y aunque en principio supone que los trabajos de economía de la educación apenas se desarrollen y siempre como casos muy aislados. Marshall consideró a la educación como un factor que aumentaba la eficiencia de la industria, ya que provocaría toda una serie de mejoras en la capacidad y actitudes de los trabajadores. Es importante señalar sin embargo que la función de producción es la base para desarrollos posteriores.

Las teorías Keynesianas al centrarse excesivamente en la demanda no conceden un papel explícito a la educación.

1.2.- La escuela neoclásica.

La escuela Neoclásica que dominó el pensamiento económico hasta entrado el siglo XX, presenta dos aportaciones básicas relativas a la relación crecimiento económico y educación. El desarrollo de la teoría del capital humano por una parte y el modelo de Solow por otra.

El desarrollo de la teoría del capital humano durante la década de los sesenta se produjo a raíz de la introducción de este concepto por parte de Fisher, dado el gran arraigo de esta teoría durante los años sesenta, son numerosos los trabajos que se desarrollaron bajo su amparo, pero serán las aportaciones de Schultz, y Becker, las que constituirán los pilares básicos en los que se sostiene esta teoría.

Esta teoría, considera la educación del individuo como una forma de inversión, que le supondrá una renta que no obtendría si no dispusiese de dicho capital, se trata pues de una inversión en el propio individuo y de ahí deriva su calificación como "capital humano".

En ella se consideran las inversiones educativas como una forma de mejorar las capacidades innatas de las personas, produciendo un incremento en su productividad. Este aumento del rendimiento de los trabajadores se ve acompañado por un aumento en sus salarios.

Por otra parte el modelo de Solow (1956), a pesar de no incluir de una manera implícita la educación en su formulación, si plantea la posibilidad de que una parte del crecimiento económico se deba a algún factor no conocido o "factor residual" que como se analiza a continuación dará lugar a los primeros trabajos empíricos de crecimiento económico y educación. Además el modelo de Solow es la base para un gran número de estudios que se desarrollan en la década de los noventa, ampliando el modelo con la inclusión del capital humano.

1.3.- El factor residual y el crecimiento endógeno.

Los años cincuenta constituirán, como señalábamos al comienzo de este capítulo, la década de redescubrimiento del capital humano, si bien en estos trabajos lo que se analizan son simples correlaciones entre educación y crecimiento de la economía, y no será hasta el resurgimiento de las teorías del crecimiento endógeno cuando ésta alcance su punto álgido.

Los primeros análisis del tema se basan en simples correlaciones entre educación y crecimiento económico, así Tilak (1989) recoge una serie de trabajos que se desarrollan en esta línea de investigación. Entre estos señala los de Curle (1964) que analiza el ingreso per capita para 50 países en el período 1954-59, obteniendo una correlación de 0.53 entre éste y el porcentaje de gasto en educación en el PIB y 0.64 con el número de alumnos en educación superior a primaria. McClelland (1966) obtiene una correlación positiva entre ratios de escolarización secundaria y crecimiento económico entre 1920 y 1950 para 21 países desarrollados. El análisis a través de las correlaciones constituye el enfoque utilizado hasta el desarrollo de los modelos econométricos, que constituyen la línea de investigación actual.

Después de esta primera aproximación a través del análisis de las correlaciones, surgen el enfoque denominado "factor residual", este enfoque basado en la teoría neoclásica, considera los incrementos de producción de un país a través de los inputs más habituales (trabajo y capital), tratando de cuantificar que parte del crecimiento es debido a dichos índices, y considerando tal y como su propio nombre indica el resto del incremento como un factor residual consecuencia de otras variables. Dentro de este residuo, una parte importante vendría explicada por el capital humano.

El trabajo de Solow (1956) que supone la base para numerosos trabajos relativos al crecimiento económico, y que desarrollaremos más adelante especifica una función de producción lineal y homogénea, y suponiendo neutral el cambio tecnológico, calcula que el efecto del factor residual representa el 90% del incremento de producción por hora de trabajo para EEUU durante el período 1915-1955.

Denison (1964) atribuye 3/5 partes de este factor residual a las mejoras educativas.

Después del simple análisis de las correlaciones, en una segunda fase se pasa al análisis de modelos econométricos internacionales, en los que se mide la contribución de algunas variables relativas al capital humano, como las tasas de alfabetización o de escolaridad sobre el crecimiento de la economía. En el trabajo de TILAK (1989) se recogen algunos estudios llevados a cabo en la década de los setenta y primeros ochenta, en los que se encuentran resultados muy diferentes respecto a la contribución de la educación al desarrollo económico, pero en la mayoría se observa un efecto positivo de la educación para el crecimiento de las economías en diferentes períodos de estudio.

Hasta el desarrollo reciente de los modelos de crecimiento endógeno, la mayoría de los estudios se centran en la teoría neoclásica que partiendo como en el modelo de Solow de una función de producción Cobb-Douglas de la forma $Y_t = A K_t^\alpha L_t^\beta$, donde se consideran rendimientos decrecientes de cada uno de los factores y rendimientos constantes a escala de modo que $\alpha + \beta = 1$. De este modo la teoría neoclásica lleva a que la única tasa de crecimiento que era compatible con el modelo era un crecimiento nulo, este hecho no era compatible con la evidencia empírica de crecimiento económico de los países. La solución al problema es planteada por los economistas neoclásicos considerando que la tecnología A crece a una tasa exógena.

La endogeneización del progreso técnico A dará lugar a los nuevos modelos desarrollados en la última década y que se denominan “modelos de crecimiento endógeno”, partiendo del trabajo de Solow (1956), Denison (1965), Aukrust (1965) y otros analizan el factor residual, en el cual cada vez tendrá un mayor protagonismo el factor educativo, en el que se demuestra que una parte del crecimiento no viene explicada por el capital y el trabajo-

Los nuevos investigadores de la teorías del crecimiento ya no consideran que la tecnología crece a una tasa exógena, sino que incluyen el modelo nuevos factores que llevan a lograr tasas de crecimiento positivas a largo plazo. Estos factores van desde la inclusión del capital humano, el gasto público, el I+D, etc., consiguiendo así explicar la parte del crecimiento que en el modelo de Solow formaba parte del residuo.

Uno de los principales problemas que se le achacaban al modelo neoclásico en la aplicación empírica es la imposibilidad de explicar el fenómeno de convergencia a nivel real. En esta línea además del desarrollo de los ya mencionados modelos de crecimiento endógeno, algunos autores como Mankiew, Romer y Weill; y Barro y Sala-i-Martin, plantean la solución al problema del modelo neoclásico ampliando éste a través de la introducción del capital humano.

Sala-i-Martin sugiere dos soluciones al problema de la convergencia del modelo neoclásico, por una parte la falta de convergencia vendría dada porque el análisis de las economías se realiza para economías con estados estacionarios diferentes, si este análisis se llevase a cabo entre economías más homogéneas (países desarrollados, regiones de un mismo país) podría producirse convergencia entre ellas.

La solución al problema del estudio de economías con diferentes estados estacionarios sería introducir variables que caractericen esas diferencias entre países (nivel educativo, estabilidad política, etc...).

Realizando a nivel empírico ambos tipos de análisis, se comprueba que tanto las regiones, analizadas como un grupo homogéneo y que convergen hacia el mismo estado estacionario, como los países en los que se tienen en cuenta las variables antes consideradas, convergen de modo condicional a una tasa que podría situarse entorno al 2%.

En este sentido el capital humano es una de las variables que se consideran a la hora de definir los diferentes estados estacionarios de las economías, en los trabajos de Barro analizados en el capítulo tres trataremos con mayor profundidad el tema que nos ocupa.

A continuación se presentan los conceptos de convergencia β y convergencia σ desarrollados por Sala-i-Martin (1990) en los que se fundamenta su defensa del modelo neoclásico tradicional, que sería desarrollado también tal y como antes señalábamos por Mankiew, Romer y Weill, a través del modelo de Solow ampliado.

Frente a la hipótesis de convergencia en el sentido que según estos autores se le atribuye de forma tradicional al modelo neoclásico, la que se invalida a través del análisis empírico a raíz del desarrollo de la base de datos de Summers y Heston, Barro y Sala-i-Martin plantea la convergencia en un sentido más amplio, distinguiendo entre β y σ y convergencia condicional.

La hipótesis de convergencia es consistente con el modelo neoclásico, mientras que los modelos de crecimiento endógeno no predicen su existencia. Los resultados del análisis de los datos de Summers y Heston contradicen por lo tanto la hipótesis neoclásica, sin embargo a través de la hipótesis de convergencia definida por Sala-i-Martin, el modelo neoclásico continuaría siendo válido.

La convergencia β consiste en el mayor crecimiento de las economías pobres, es decir las economías con un menor PIB per capita inicial crecerían de forma más rápida que las que disponen de un mayor PIB. La ecuación de convergencia vendría dada por la siguiente expresión:

$$\log(y_{it}) - \log(y_{i,t-1}) = \alpha - \beta \log(y_{i,t-1}) + u_{it} \quad 0 < \beta < 1$$

cuanto mayor sea β , mayor será la velocidad de convergencia. A través de este simple análisis de regresión se observa si se presenta o no convergencia entre las economías.

Un segundo concepto más amplio de convergencia y que según el autor se demuestra que no siempre se produce cuando existe β convergencia es el de convergencia σ , y que se produce si la dispersión existente entre las economías disminuye con el tiempo.

La consideración de la convergencia entre economías más homogéneas, o a través de la inclusión de las variables que definen el estado estacionario, constituye la convergencia condicional que según estos autores se presenta a nivel tanto regional como internacional, y supone la validación del modelo neoclásico.

El análisis empírico se realiza para regiones americanas, europeas y japonesas, obteniendo la confirmación de la existencia de convergencia β condicional y un descenso de la divergencia de σ , también se obtiene evidencia en favor de la convergencia β condicional en los análisis internacionales desarrollados por Barro, siendo en ambos casos la velocidad de

convergencia entorno a un 2% anual, inferior a la que predecía el modelo neoclásico y que se sustenta en la mayor participación del capital que pasaría del 30% al 70 u 80% , al considerar al capital humano como una forma más de capital.

En los modelos de crecimiento endógeno el capital humano es uno de los factores a considerar en las teorías del crecimiento, sin embargo otra línea de investigación es la que se ha denominado modelo de Solow-ampliado y que se desarrollará más adelante en el trabajo de Mankiew, Romer y Weill y que mantiene el modelo original de Solow añadiendo un nuevo factor de producción que será el capital humano, sin embargo se mantienen los rendimientos constantes a escala, supuesto que no siempre se considera en los modelos de crecimiento endógeno.

Dentro de este marco analítico, el desarrollo de las bases de datos tanto internacionales como regionales que se producen de forma casi simultánea a este nuevo empuje del análisis teórico, suponen que el tema del capital humano no se trate simplemente en modelos teóricos sin llevar a cabo aplicaciones prácticas, sino que casi la totalidad de los investigadores, realizan esfuerzos importantes en los dos campos, siendo la contrastación empírica de los diferentes modelos experimentada tanto a nivel internacional como dentro de las regiones de países tan distantes como la India o España.

1.4.- Principales enfoques teóricos del capital humano.

La consideración del capital humano como un factor de gran trascendencia para el crecimiento de las economías, ha sido examinado por las diferentes escuelas de pensamiento económico a lo largo de la historia.

El desarrollo a finales de la década de los ochenta de las nuevas líneas de investigación del crecimiento, supone a su vez un importante avance en los temas relativos al capital humano, que pasa a considerarse como un elemento más de la función de producción.

El desarrollo de nuevas bases de datos que tratan de cuantificar el stock de esta variable, suponen a su vez un elemento fundamental para el análisis empírico que se desarrolla a raíz de la revisión de los modelos neoclásicos tradicionales.

En esta línea de investigación debemos distinguir por una parte los nuevos modelos de crecimiento endógeno, que incluyen el capital humano como uno de los diversos factores que ahora se introducen en la función de producción sin exigir el cumplimiento de las hipótesis neoclásicas, y por otra parte lo que se ha denominado el modelo de Solow-ampliado, en el que Mankiw, Romer y Weill (1992) partiendo del modelo de Solow, amplían el modelo considerando un nuevo factor productivo constituido por el capital humano.

En el primer grupo presentamos a continuación el modelo de Uzawa y Lucas y posteriormente desarrollaremos el trabajo de Mankiew, Romer y Weill.

LOS MODELOS DE UZAWA Y LUCAS.

El modelo teórico desarrollado por LUCAS (1988) constituye el pilar fundamental en el que se basa a partir de ese momento y durante el nuevo desarrollo de las teorías del crecimiento la contribución del capital humano al crecimiento económico, de acuerdo con las nuevas teorías de crecimiento endógeno.

La introducción del capital humano como factor de producción ya había sido considerada por SCHULTZ (1963) Y BECKER (1964), y su inclusión en un modelo teórico fue considerada por ARROW (1962), UZAWA (1965) y ROMER (1986) siendo este último uno de los motores del nuevo desarrollo de esta teoría.

Para Lucas la teoría neoclásica no considera de modo adecuado el crecimiento económico debido fundamentalmente a dos factores: no consideran la diversidad existente entre los países, y el hecho de tratar al comercio internacional como un medio de igualar los ratios capital-trabajo entre los diferentes países no parece correcto. Por estos dos hechos desarrolla un modelo alternativo en el que la principal aportación será la introducción del capital humano como factor productivo

Partiendo de la ecuación que proponía UZAWA (1965)

$$Y = A K^{\beta} (u h L)^{(1-\beta)}$$

que presenta rendimientos constantes a escala en el capital físico y humano.

Lucas además del efecto del capital humano en la función de producción asume un efecto externo, tomado como el nivel medio de destreza del capital humano y que vendría dado por:

$$h_a = \frac{\int_0^{\infty} h N(h) dh}{\int_0^{\infty} N(h) dh}$$

donde h es el nivel de capital humano y N el número de trabajadores, N(h) sería el nivel de destreza de la población activa.

La ecuación que nos daría el producto de la economía vendría dada por:

$$Y = A K(t)^{\beta} [u(t) h(t) N(t)]^{(1-\beta)} h_a(t)^{\gamma}$$

$h_a(t)^{\gamma}$ representa el efecto externo del capital humano, y el nivel tecnológico A se asume constante.

El crecimiento del capital humano se realiza a una tasa:

$$\dot{h}(t) = h(t)^{\delta} G (1-u(t))$$

$\delta < 1$ ya que las ganancias derivadas del capital humano van disminuyendo con el tiempo, siendo u(t) el tiempo dedicado a la acumulación de capital humano.

Uzawa asume esta ecuación considerando que es lineal en u(t) $\delta=1$, esto supone un crecimiento del ingreso per capita sostenido desde la acumulación de capital endógeno, no

siendo necesario ningún factor externo para el crecimiento. Asumiendo este hecho la ecuación de producción de capital humano tendría la siguiente expresión:

$$\dot{h}(t) = h(t) \delta [1 - u(t)]$$

El modelo de Lucas presenta dos sectores, uno para la producción y otro en el que se consigue producir capital humano y que vendría dado por la anterior ecuación, en la que el capital humano depende del propio capital humano y del tiempo que se dedica a su acumulación.

El capital humano es para Lucas un factor fundamental para el desarrollo económico, ya que en el largo plazo el nivel de ingreso será proporcional a la dotación inicial del mismo. En LUCAS (1993) aborda el tema del capital humano en relación con la tecnología, de modo que éste podría en cierta forma medir el nivel tecnológico de que dispone un país, el capital humano de cada país sería por lo tanto independiente de lo que suceda en los demás, como la evidencia empírica no parece confirmar esta hipótesis, replantea el problema de modo que considera lo que en la literatura del crecimiento se denomina efecto “catch-up”, es decir el efecto que el desarrollo de la tecnología de los demás países tendría sobre el propio.

El modelo teórico resultante vendría dado por la siguiente expresión, siendo $H(t)$ el trabajo efectivo:

$$Z(t) = \frac{H(t)}{\sum_{i=1}^n u_i}$$

considera los países de modo individual, así el capital humano $H(t)$ se pondera por la suma del tiempo que en cada uno de los países se dedica a la acumulación de dicho capital, la ecuación de crecimiento vendría dada por la siguiente expresión, en la que se tienen en cuenta las diferencias de capital humano de cada país.

$$\frac{dh(t)}{dt} = \delta(1 - u)h(t)^{1-\beta} Z(t)^\beta$$

La consideración del efecto catch-up hace que los países pobres puedan crecer a un ritmo más rápido gracias a este efecto.

ENFOQUE DE SOLOW AMPLIADO: MANKIW, ROMER Y WEILL (1992)

MANKIW, ROMER y WEILL (1992) basándose en el trabajo de Solow realizan una nueva aproximación de este modelo incluyendo el capital humano como factor fundamental en la función de producción, este modelo constituirá la base para muchos de los desarrollos llevados a cabo posteriormente sobre el tema, denominándose a éste, modelo de Solow ampliado.

La ecuación del modelo de Solow vendría dada por la siguiente expresión:

$$Y(t) = K(t)^\alpha (A(t) L(t))^{1-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1$$

donde el ratio de crecimiento de la tecnología y del ahorro se consideran exógenos, sólo se consideran dos factores en la función de producción K el capital, y L el trabajo.

El nivel de tecnología A y el trabajo L, crecen exógenamente a un ratio g y n respectivamente.

Considerando además que una fracción del output dada por “s” se reinvierte, y siendo $k=K/AL$ el stock de capital por trabajador, $y=Y/AL$ el output por trabajador, el capital k crecería a una tasa $k(t)$:

$$k(t) = sy(t) - (n+g+\delta)k(t) = s k(t)^\alpha - (n+g+\delta)k(t)$$

siendo δ la tasa de depreciación.

En el modelo de Solow el capital en el estado estacionario vendría dado por:

$$k^* = (s/n+g+\delta)^{1/(1-\alpha)}$$

sustituyendo esta expresión en la función de producción, la ecuación definitiva del modelo de Solow vendría dada por:

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta)$$

asumiendo que g y δ son constantes entre países y $\ln A(0) = \alpha + \varepsilon$, la ecuación del modelo resultante sería:

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \alpha + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) + \varepsilon$$

El modelo implica una elasticidad del ingreso per capita respecto a ambas variables de 0.5 y -0.5.

En el modelo teórico presentado por MRW, la función de producción sería:

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t) L(t))^{1-\alpha-\beta}$$

se asume el capital humano H(t) como un factor más en la función de producción, de manera que ahora la fracción de output que se invierte en capital físico s_k será diferente del humano s_h , se asumen rendimientos decrecientes de cada uno de los factores, de modo que $\alpha+\beta=1$.

$$k(t) = s_k y(t) - (n+g+\delta)k(t)$$

$$h(t) = s_h y(t) - (n+g+\delta)h(t)$$

al igual que en el modelo de Solow, tanto el stock de capital físico como humano, así como el producto total se expresan por trabajador.

A diferencia del modelo de Lucas en el que se desarrollan dos funciones de producción diferentes para el capital físico y el humano, en el modelo desarrollado por estos autores ambas son similares.

Las variables tomarían en el estado estacionario los siguientes valores:

$$k^* = \left(\frac{s_k^{1-\beta} s_h^\beta}{n + g + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$

$$h^* = \left(\frac{s_k^\alpha s_h^{1-\alpha}}{n + g + \delta} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}$$

La ecuación estimada sería la siguiente:

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n + g + \delta) + \frac{\beta}{1-\beta} \ln(s_h)$$

el valor esperado para α , proporción del capital físico en el ingreso, es como en el modelo de Solow 1/2 y para β entre 1/3 y 1/2.

Además del modelo así expresado en el que el capital humano se expresa como una inversión al igual que el capital físico, es posible presentar un modelo alternativo en el que el capital humano se expresa en niveles, de forma que en lugar de sus tasas de crecimiento se incluye en la ecuación el valor que este tomaría en el estado estacionario, de modo que la ecuación a estimar resulta de la forma:

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n + g + \delta) + \frac{\beta}{1-\beta} \ln(h^*)$$

este hecho supone una estimación diferente si la variable es un flujo y por lo tanto se trata de una inversión, o un stock medido por el nivel que alcanza en un momento dado, las consecuencias para la estimación son como señalan los propios autores diferentes, y por lo tanto es necesario tener en cuenta que tipo de variables se está estimando.

1.5.- Principales enfoques econométricos del capital humano

La consideración del capital humano en la función de producción como un factor de producción ha sido ya analizada en anteriormente, la cuestión que se plantea además del modo de medir dicha variable que exponíamos en el capítulo precedente es la forma en la que se introduce como factor productivo.

Así tenemos que remontarnos al pionero trabajo de NELSON Y PHELPS (1966) en el que planteaban una cuestión importante en cuanto al capital humano y que sería tenida en cuenta a partir de entonces por la mayoría de los investigadores a la hora de tratar el efecto del capital humano en el crecimiento económico.

Estos autores plantean un doble papel para el capital humano en la función de producción, que denomina efectos “tasa” y efectos “nivel”, ya que consideran que la simple inclusión del capital humano sólo como un factor más es un error, al ignorarse de este modo el efecto que produce también sobre la tasa de crecimiento de la tecnología (efecto tasa). Es decir, se considera un efecto de “nivel” a la inclusión del capital humano en la función de producción como un factor productivo más, mientras que un efecto “tasa” vendría dado por su interrelación a través del efecto que el capital humano ejerce en el I+D.

Plantean dos modelos teóricos en los que se considera la relación entre la educación y la difusión de tecnología, considerando que esta avanza a un ratio exponencial λ , el cual es una función creciente del nivel educativo. Siendo además la educación a su vez una función creciente de λ . Otro resultado de interés al que llegan es el hecho de que el efecto de la educación es mayor en las economías tecnológicamente más avanzadas, existiría en cierta forma un efecto “umbral” para la tecnología a partir del cual la educación tendría un efecto más positivo.

La evidencia empírica presenta evidencia de efectos de nivel del capital humano, efectos tasa, o ambos a la vez. Se trata de cuantificar si el capital humano ejerce un papel fundamental en el crecimiento económico por si mismo (nivel) o si este está vinculado a lo que suceda en el I+D (tasa).

En la década de los 70 y 80 se realizaron algunos interesantes investigaciones econométricas con datos internacionales de tipo cross-section aplicadas para medir la influencia de la educación sobre el crecimiento del PIB, de la productividad, y de la tecnología, como los de Guisán (1976a) y (1976b), aplicados a los países de la OCDE, los cuales mostraron una importante influencia positiva de la educación sobre el crecimiento de la productividad marginal y media del trabajo, y también una importante relación positiva entre el incremento del cociente K/L y la demanda de empleo con mayor cualificación.

En dichos estudios se comprueba que la productividad marginal del trabajo aumenta generalmente de forma importante con el nivel educativo, especialmente con los estudios secundarios completos o nivel superior.

Posteriormente las dificultades para la obtención de datos estadísticos comparativos ha hecho que se realizaran muy pocos estudios hasta la última década del siglo veinte, en la que la mayor disponibilidad de los datos estadísticos, y un interés creciente por las comparaciones internacionales del desarrollo económico ha hecho que los estudios sean más numerosos.

El hecho de que algunos estudios proporcionaran resultados no concluyentes o contradictorios demuestra la dificultad de modelización del importante efecto de la educación, por diversas causas como la multicolinealidad, especialmente presente en los estudios de series temporales y también, aunque a veces en menor grado, en los estudios de series atemporales o que combinan ambos tipos de muestras.

Según Guisán y Neira(2002), también ha contribuido a la dificultad de aislar el efecto de la educación el hecho de que la elasticidad del output respecto al trabajo en la función de producción, sea hasta cierto grado independientes del nivel educativo, ya que el efecto de éste incrementa tanto la productividad marginal como la productividad media, de forma que la

elasticidad como cociente de ambas apenas varía, pero ello no significa que la educación no tenga un importante efecto positivo sobre el desarrollo económico.

Las tablas 1 y 2 muestran los principales enfoques empíricos efectos nivel y tasa en los últimos años.

Tabla 1: Principales modelos empíricos de efectos de nivel

	BARRO (1991) Y (1997)	MANKIEW, ROMER Y WEILL (1992)	NONEMAN Y VANHOUDT (1996)
MUESTRA	80-100 países (1960-90)	98,75 y 22 países de la OCDE (1960-85)	22 países de la OCDE (1960-85)
ESTIMACIÓN	MCO, MC3E (VI), SURE, panel	MCO	MCO
VARIABLE DEPENDIENTE	Crecimiento PIB quinquenal	* PIB por persona activa * Log diferencia PIB por persona activa (1960-85)	* Log diferencia PIB por persona activa (1960-85)
VARIABLES EXPLICATIVAS	PIB, esperanza de vida y capital humano referidas al período inicial Comercio exterior, consumo gobierno, índice democracia.	PIB inicial, tasa de crecimiento de la población activa, Inversión como proporción del PIB.	Añade a MRW la media de los ratios de inversión en I+D en el PIB
VARIABLE CAPITAL HUMANO	* Años de escolarización de la población activa. * Años de escolarización de la población activa * PIB	Porcentaje de población con estudios secundarios	Porcentaje de población con estudios secundarios
CONCLUSIONES: EFECTO DEL CAPITAL HUMANO SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO	* Positivo efecto del capital humano en el crecimiento * Acelera el ratio de convergencia entre países	* Efecto positivo del capital humano sobre el crecimiento económico y sobre el capital físico * Ralentiza la velocidad de convergencia que se presenta en el modelo de Solow	* El capital humano pierde parte de su influencia en el crecimiento en favor de la tecnología

Tabla 2 : Principales modelos empíricos de efectos tasa

	ROMER (1990)	KYRIACOU (1991)	BENHABID Y SPIEGEL (1994)
MUESTRA	112 países (1960-85)	80, 39, 40 países (1965-85)	
ESTIMACIÓN	MCO, VI	MCO	MCO (Corrección de Withe)
VARIABLE DEPENDIENTE	Crecimiento PIB 1960-85	Tasas crecimiento PIB 70-85, 65-85	Incremento del Ingreso per capita
VARIABLES EXPLICATIVAS	PIB inicial, inversión como proporción del PIB, proporción del consumo del gobierno.	Incremento de K, L y H	Incremento de K, L y H Progreso tecnológico exógeno + endógeno (habilidad de cada país para innovar)
VARIABLE CAPITAL HUMANO	Tasas de alfabetización de la población	Años de escolarización de la población activa	Años de escolarización de la población activa

CONCLUSIONES: EFECTO DEL CAPITAL HUMANO SOBRE EL CRECIMIENTO ECONÓMICO	<ul style="list-style-type: none"> * Efecto positivo de la educación en el crecimiento * Correlación entre el capital humano y el físico * Efecto “catch-up” de la tecnología, en los países pobres esta podría desarrollarse más rápido lo que potencia la convergencia. 	<ul style="list-style-type: none"> * Efecto del capital humano a través del desarrollo de nuevas tecnologías * Efecto umbral del capital humano, a partir de un determinado nivel es positivo para el crecimiento. 	Efecto doble del capital humano, provoca una mayor innovación en el país y favorece la adopción de tecnología exterior.
---	--	--	---

En la sección 2 analizamos con mayor detalle los modelos con efectos de nivel, en la sección 3 se estudian los modelos con efectos tasa, y por último en la sección 4 nos referimos a los nuevos modelos que incorporan una visión más amplia y que permiten una mejor comprensión del efecto de la educación en el crecimiento al tener en cuenta importantes efectos indirectos que no aparecen directamente expresados en la función de producción. Además en la sección se presentan algunas estimaciones de la autora con datos cross-section y de panel para los países de la OCDE.

2.- LA EDUCACIÓN EN LOS MODELOS ECONOMETRICOS: EFECTO NIVEL.

2.1.- Las primeras aportaciones del período 1951-89.

El enfoque denominado “factor residual” basado en la teoría neoclásica, constituye como se ha señalado anteriormente la base teórica en la que se fundamentan los primeros trabajos empíricos que tratan de cuantificar la contribución del capital humano al crecimiento económico.

El trabajo de Solow (1956) especifica una función de producción lineal y homogénea, y suponiendo neutral el cambio tecnológico, calcula que el efecto del factor residual representa el 90% del incremento de producción por hora de trabajo para EEUU durante el período 1915-1955. Por su parte Denison (1964) atribuye 3/5 partes de este factor residual a las mejoras educativas.

En el trabajo de TILAK (1989) se recogen algunos estudios llevados a cabo en la década de los setenta y primeros ochenta, en los que se encuentran resultados muy diferentes respecto a la contribución de la educación al desarrollo económico, pero en la mayoría se observa un efecto positivo de la educación para el crecimiento de las economías en diferentes períodos de estudio.

No será sin embargo hasta finales de los ochenta y fundamentalmente los años noventa cuando los trabajos relativos al capital humano se desarrollen de un modo importante.

2.2.- Las bases de datos de Summer y Heston y Barro y Lee.

La elaboración de modelos econométricos que tratan de cuantificar la contribución del capital humano al crecimiento económico en la década de los noventa es posible gracias a las aportaciones que Summer y Heston y Barro y Lee realizaron a la teoría del crecimiento con la creación de una base de datos internacional de las principales macromagnitudes económicas por una parte y del capital humano por otra.

Si bien algunos autores como Kyriacou o Nehru y otros, han desarrollado base de datos de capital humano, es la de Barro y Lee la que se consolida como la principal base de datos en temas de capital humano, ya que se trata de un análisis del período 1960-1990 recientemente ampliada al año 1995, para 129 países del mundo.

En esta base además de las medidas de capital humano que se habían utilizado por otros autores como el número de años de educación de la población activa, se construye una variable que estiman estos autores como el porcentaje de población activa que ha alcanzado un determinado nivel de estudios, siendo esta variable la que se utiliza a partir de la publicación del trabajo de BARRO y LEE (1991) en la mayor parte de los estudios de crecimiento.

La OCDE presenta a partir del año 90 una nueva base de datos para los países de la organización, en la que al igual que en la de Barro y Lee se presentan datos de la población activa que ha alcanzado un determinado nivel e formación.

La OCDE sin embargo sólo nos ofrece datos a partir del año 92, siendo renovados estos año a año, no disponemos por lo tanto de una serie histórica similar a la que se presenta en la base de Barro y Lee. Por otra parte ambas bases ofrecen discrepancias de las que Barro se hace eco en su trabajo Barro(2000) y que analizamos de un modo más detallado en Neira (1998).

Los datos que Summer y Heston nos suministran para las principales variables macroeconómicas son el complemento necesario para poder llevar a cabo estudios empíricos sobre el tema .

2.3.- Modelos de Barro (1991) y (1997)

MODELO DE BARRO (1991)

El estudio de BARRO (1991) constituye una de las más importantes aportaciones al tema del crecimiento económico, tanto en lo relativo a la estimación del modelo como al número de países y variables que se incluyen en el mismo.

Se estiman 29 regresiones diferentes incluyendo variables que recogen la inestabilidad política, las distorsiones del mercado, o variables ficticias por continente, diferenciando entre el Africano y Americano y que en conjunto suponen 52 variables diferentes.

Se analizan datos procedentes de 118 países de los que para las variables necesarias para llevar a cabo las estimaciones del modelo obtiene datos para 98 países en algunos casos y en otros 76 países. Disponiendo por lo tanto de una base de datos a nivel internacional muy importante para el período 1960-85 y que son extraídos del trabajo de SUMMER y HESTON (1988) de las Naciones Unidas y del Banco Mundial, entre otros.

Una de las aportaciones más importantes es la estimación de un modelo que incluye las tasas de fertilidad. Barro introduce además una novedad trascendente en los modelos de crecimiento al considerar además de las tasas de escolarización, como variable proxy relativa al capital humano, el ratio profesor-alumno como indicativo de la calidad de la enseñanza.

El modelo que se presenta a continuación es el resultado de una de las citadas 29 estimaciones de Barro, la ecuación número 11.

Hemos incluido esta ya que recoge la casi totalidad de las variables explicativas consideradas por este autor, con excepción de las ficticias por continentes que antes señalábamos, y presenta unos resultados similares a la mayoría de las analizadas por el autor:

$$\text{GR6085} = 0.0438 - 0.0078 \text{ GDP60} + 0.0233 \text{ SEC60} + 0.0268 \text{ PRIM60} - 0.0049 \text{ STTEAPRI} +$$

(0.0120) (0.0009) (0.0076) (0.0058) (0.00022)

$$0.00024 \text{ STTEASEC} - 0.103 \text{ g/y} - 0.0190 \text{ REV} - 0.0309 \text{ ASSASS} - 0.0193 \text{ PPI60DEV}$$

(0.00022) (0.026) (0.0065) (0.0153) (0.0043)

$$R^2=0.63 \text{ (T=88)}$$

Entre paréntesis figuran las desviaciones típicas, el R^2 representa la bondad de ajuste del modelo, y T=88 serían el número de países que en este caso se incluyen en la estimación.

La variable dependiente GR6085 representa el crecimiento del PIB per capita durante ese período, la variable GDP60 refleja el PIB real en 1960 resultando negativa ya que los países más pobres, es decir con menor PIB inicial, crecerán más rápidamente para acercarse a los ricos, lo cual supone la confirmación empírica de la hipótesis de convergencia.

Las variables SEC60 y PRIM60 representan las tasas de escolarización en primaria y secundaria, resultando ambas positivas y significativas, lo que sería indicativo de la positiva contribución de la educación al crecimiento económico.

La variable STTEA representa el ratio alumno-profesor, que como ya hemos señalado es una de las aportaciones más novedosas de este autor al tema del capital humano. Un mayor ratio alumno- profesor sería por lo tanto indicativo de una menor calidad de la enseñanza y se encuentra consecuentemente negativamente correlacionado con el crecimiento económico. Este ratio como era de esperar resulta negativo ya que un mayor número de alumnos por profesor significa menor calidad de enseñanza y un menor crecimiento.

El coeficiente del consumo del gobierno en el PIB (g/y) resulta negativo para el crecimiento económico según este estudio; por último aparecen en el modelo una serie de variables que recogen el número de revoluciones que acontecen en el país, el número de asesinatos y la desviación del deflactor de la inversión.

El autor realiza una estimación del modelo utilizando como medida del capital humano la empleada por ROMER (1989), LIT(60) que representa la tasa de alfabetización de la población adulta, resultando la estimación del coeficiente correspondiente a esta variable negativo, cuando se incluye junto con esta variable las tasas de escolarización, hecho éste de difícil interpretación.

Además si se excluye de la estimación ésta última, la tasa de alfabetización resulta positiva y estadísticamente significativa. Las ventajas de utilizar como proxy del capital humano esta variable vendrían dadas por el hecho de tratarse de un stock, a diferencia de lo

que sucedía con las tasas de matriculación, pero presenta el inconveniente de la comparación entre países ya que es muy difícil homogeneizar dichas tasas, especialmente en el caso de los países en desarrollo.

Además del modelo que considera como variable dependiente el crecimiento del PIB estima varios modelos en los que dicha variable es la tasa de fertilidad, obteniendo tal y como sucedía en otros trabajos como los de BECKER, MURPHY y TAMURA (1990), que los países con una mayor inversión en capital humano, tienen unos menores ratios de fertilidad y mayores ratios de inversión en capital físico en el PIB.

Estos autores desarrollan un modelo teórico en el que tratan de explicar el crecimiento económico y la correlación que existe entre este y las tasas de fertilidad de los distintos países.

Los resultados de su análisis muestran una positiva correlación entre el stock de capital humano y las nuevas inversiones en este, y negativa con las tasas de fertilidad, de modo que aquellos países con un menor capital humano tienen más miembros en sus familias e invierten menos en cada uno de ellos.

Unido a este hecho se observa que los países con un mayor stock de capital humano, invierten más en nuevas tecnologías, desarrollando una educación más intensiva, y una mayor inversión en la industria, esto según los autores explicaría que las actividades de I+D se desarrollen en los países más ricos, de modo que sean en éstos donde se produzca un mayor crecimiento económico.

En esta línea de trabajos se sitúan algunos otros como los de ROSENZWEIG (1990) y FOSTER y ROSENZWEIG (1996) que analizan el tema del crecimiento económico en países en desarrollo, en el caso de estos autores se centran en La India, y en la importancia que tiene el capital humano y el crecimiento económico en las tasas de fertilidad.

Esta línea de investigación introducida por Barro en su modelo de crecimiento económico, supone por lo tanto un aspecto importante a tener en cuenta en el tema del capital humano. Si bien debemos señalar que su importancia es fundamental en los modelos de crecimiento económico en países en desarrollo, no sucede así con los países desarrollados, debemos considerar por lo tanto el tipo de muestra con la que trabajamos a la hora de incluir esta variable en el modelo.

Así en el caso de los últimos trabajos señalados el tema de la fertilidad constituye un factor fundamental de estudio y centro de atención para estos autores al analizar el efecto que la “Revolución Verde” produjo en La India en el aspecto tecnológico y en las connotaciones que supone para el capital humano y la fertilidad.

Como principales aportaciones del modelo de Barro cabe destacar por lo tanto la introducción de la variable ratio profesor-alumno como indicativa de la calidad de la enseñanza y la tasa de fecundidad, que se relaciona de forma negativa con el crecimiento económico.

BARRO y LEE (1993) obtienen una de las más importantes bases de datos relativas al capital humano y que constituye la base de la mayoría de los estudios llevados a cabo a partir de esa fecha, complementando la base de SUMMERS y HESTON (1991).

MODELO DE BARRO (1997)

En la línea de trabajos anteriores, Barro presenta un modelo para un panel de datos procedentes de una centena de países, alargando el período de estudio desde 1960 hasta 1990; analizando los ratios de crecimiento del PIB per capita en las décadas 1965-75, 1975-85 y 1985-90.

Estima un modelo multiecuacional con una ecuación para cada uno de los ratios de crecimiento, estimando el modelo por mínimos cuadrados en tres etapas, con diferentes variables instrumentales para cada ecuación.

En el modelo se incluyen variables que tratan de reflejar la situación de los países en el período inicial, para ver si se acercan o no hacia el estado estacionario. Se incluyen entre estas variables el PIB inicial, el nivel educativo de la población en el período inicial, etc.. del análisis de estas variables se puede deducir en que medida se produce la convergencia entre ellos. Al igual que en anteriores trabajos de Barro, se observa un coeficiente del PIB per capita negativo y significativo, lo que confirma la hipótesis de convergencia condicional, en este caso del 2.5% anual.

Las dos primeras ecuaciones constituyen un modelo de tres ecuaciones cada una, en las que las variables dependiente es el ratio de crecimiento del PIB en el período 1965-75, 1975-85 y 1985-90. Como variables explicativas se incluyen una serie de variables que expresan las condiciones de partida de cada país y se refieren al período inicial, serían el PIB inicial, la variable de capital humano y la esperanza de vida.

Además de la anterior variable relativa al capital humano se incluye una variable más relativa a este factor que es el producto del PIB expresado como desviación respecto a la media por la variable media de años de escolarización de la población activa.

Otro conjunto de variables expresan el crecimiento a lo largo del período estudiado y son el comercio exterior (ratio precios exportación - importación) y la inflación. El ratio de fertilidad, el consumo del gobierno, y el índice de democracia son la media de cada período.

Los resultados de la estimación aparecen recogidos en la tabla 3.

La estimación se realiza por mínimos cuadrados en tres etapas con diferentes variables instrumentales para cada ecuación.

Además de la estimación del modelo tal y como ya se presentaba en trabajos anteriores de Barro, en este trabajo analiza el problema planteado por numerosos autores, que consideran que el valor del ratio de convergencia puede estar subestimado si la medida del estado estacionario es imperfecta, este problema se soluciona tradicionalmente aplicando primeras diferencias a las variables, con lo que se consigue información además de cross-section, de la serie temporal.

En este trabajo Barro propone la estimación del modelo en las ecuaciones 3,4 y 5 de la tabla a través de tres métodos diferentes, la primera sería una estimación en primeras diferencias, la segunda una tradicional cross-section y la tercera un panel.

En la primera estimación se incluye un modelo con dos ecuaciones en las que la variable dependiente es el ratio de crecimiento de 1975-85 menos 1965-75, y en la segunda el ratio 1985-90 menos 1975-85; las variables explicativas son las primeras diferencias de las que se presentaban en la ecuación (1), estimando el modelo a través del método SURE.

Tabla 3

Ratio crecimiento PIB per capita					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Log (PIB)	-0.0254 (0.0031)	-0.0225 (0.0032)	-0.0444 (0.0066)	-0.022 (0.0041)	-0.0242 (0.0028)
masc > sec	0.0118 (0.0025)	0.0098 (0.0025)	-0.0032 (0.0045)	0.0141 (0.003)	0.0123 (0.0023)
Log (e. vida)	0.0423 (0.0137)	0.0418 (0.0139)	-0.0820 (0.0381)	0.0172 (0.0184)	0.0388 (0.0124)
Log(PIB)*m	-0.0062 (0.0017)	-0.0052 (0.0017)	0.0052 (0.0035)	-0.0077 (0.0019)	-0.007 (0.0015)
Log (fert)	-0.0161 (0.0053)	-0.0135 (0.0053)	-0.0396 (0.0116)	-0.0206 (0.0066)	-0.0156 (0.0049)
C. gobierno	-0.136 (0.026)	-0.115 (0.027)	0.00 (0.048)	-0.114 (0.026)	-0.110 (0.021)
Indice ley	0.0293 (0.0054)	0.0262 (0.0055)		0.0294 (0.0066)	0.030 (0.0051)
C exterior	0.137 (0.030)	0.127 (0.030)	0.102 (0.027)	0.078 (0.078)	0.129 (0.029)
Dem	0.09 (0.027)	0.094 (0.027)	0.019 (0.029)	0.071 (0.026)	0.048 (0.019)
Dem (2)	-0.088 (0.024)	-0.091 (0.024)	-0.014 (0.026)	-0.74 (0.023)	-0.51 (0.016)
Inflac	-0.043 (0.008)	-0.039 (0.008)	-0.032 (0.005)	-0.030 (0.006)	-0.028 (0.004)
Africa Sah		-0.0042 (0.0043)			
Latinoam		-0.0054 (0.0032)			
E. Asia		0.0050 (0.0041)			
R ²	0.58,0.52, 0.42	0.60,0.52, 0.47	0.29, 0.44	0.76	0.56,0.53,0.4
N	80,87,84	80,87,84	88,91	80	83,88,84

La ecuación (4) es una estimación por MCO del modelo cross-section con una observación para cada país, las variables son similares a la ecuación (1).

La ecuación (5) es el mismo modelo de la ecuación (1) estimado a través del método SURE.

Los resultados de la estimación de las dos primeras ecuaciones confirman los resultados de trabajos anteriores en los que el capital humano, medido en este caso como el

número de años de escolarización de la población activa influye de modo positivo en el crecimiento.

En este sentido una importante conclusión que se extrae de este trabajo en el tema de la convergencia es el hecho de que los años de escolaridad hacen que la convergencia sea más rápida, ya que la variable PIB inicial por los años de escolaridad tiene un coeficiente negativo que implica que un año más de escolaridad cambia el criterio de convergencia de 0.026 a 0.032.

Respecto a las ecuaciones 2 y 3 las principales diferencias radican en el ratio de convergencia, de -0.0044 a -0.022. Barro encuentra además que la información suministrada por las series cross-section es más importante para casi todas las variables que la serie temporal.

Por último la ecuación 3 se presenta como una combinación de ambos métodos a través de una estimación con datos de panel.

La mayoría de los estudios empíricos sobre crecimiento económico consideran como un factor fundamental para el crecimiento el ratio de inversión, sin embargo la postura de Barro es claramente discordante a este respecto. Incluyendo el ratio de inversión en la ecuación de crecimiento se observa que la variable es significativa si se trata de la inversión actual y no la de períodos pasados, con lo que se confirma su hipótesis de que la relación de causalidad entre ambas variables puede ser de forma inversa.

Para contrastar esta hipótesis realiza una estimación similar a la del PIB, pero en la que la variable dependiente es el ratio de crecimiento de la inversión, obteniendo que las variables analizadas tienen un efecto similar a lo que sucedía en la regresión del PIB.

2.4.- Modelo ROMER y WEILL (1992)

MANKIW, ROMER y WEILL (1992) basándose en el trabajo de Solow realizan una nueva aproximación de este modelo con algunas variaciones importantes en las variables explicativas del crecimiento ya que incluyen el capital humano como factor fundamental en la función de producción.

La función de producción en el modelo de MRW, es de la forma:

$$Y(t) = K(t)^\alpha H(t)^\beta (A(t) L(t))^{1-\alpha-\beta}$$

se asume el capital humano $H(t)$ como un factor más en la función de producción, siendo s_k la fracción de output que se invierte en capital físico y s_h el humano, se asumen rendimientos decrecientes de cada uno de los factores, de modo que $\alpha+\beta=1$.

La ecuación estimada sería la siguiente:

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n+g+\delta) + \frac{\beta}{1-\beta} \ln(s_h)$$

el valor esperado para α , proporción del capital físico en el ingreso, es tal y como antes señalábamos al igual que en el modelo de Solow $1/2$ y para β entre $1/3$ y $1/2$.

Estos autores consideran la existencia de correlaciones entre el ratio de ahorro, el crecimiento de la población y el capital humano, de modo que con el primero la correlación sería positiva y con la segunda negativa, su omisión en la estimación produciría un sesgo en los coeficientes estimados de las variables.

Además la acumulación de capital físico y el crecimiento de la población tiene un mayor impacto si tenemos en cuenta el capital humano, ya que el crecimiento del ahorro, o un descenso de la población, provocan un mayor ingreso y por lo tanto un mayor nivel de capital humano que afectaría a la estimación del coeficiente del capital físico, que sufriría un aumento debido a este efecto.

Además del modelo anterior, plantean un nuevo modelo en el que el capital humano se considera en niveles, es decir, en lugar de la proporción de ingreso que se invierte en capital humano s_h , se considera su nivel en el estado estacionario h^* . De modo que la ecuación resultante sería la siguiente:

$$\ln \left[\frac{Y(t)}{L(t)} \right] = \ln A(0) + gt + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(s_k) - \frac{\alpha}{1-\alpha} \ln(n + g + \delta) + \frac{\beta}{1-\beta} \ln(h^*)$$

La estimación de la ecuación considerando esta nueva forma de medir el capital humano, supone diferencias en los coeficientes estimados para las variables ahorro y crecimiento de la población.

Así el modelo de Solow ampliado que proponen estos autores, puede estimarse de acuerdo con cualquiera de las dos ecuaciones anteriores, sin embargo como los resultados para el ahorro y el crecimiento de la población son diferentes, es necesario tener en cuenta con que tipo de variable de capital humano estamos tratando a la hora de realizar la estimación.

La estimación del modelo de MRW se realiza con datos procedentes del trabajo de Summers y Heston, son datos anuales desde 1960-85, donde "n" es la media del ratio de crecimiento de la población activa, "s" la media de la proporción de la inversión real (incluyendo la del gobierno) en el PIB real, Y/L el PIB real en 1985 dividido por la población en edad de trabajar en ese año.

Se realiza la estimación para tres muestras, una correspondiente a 98 países exportadores de petróleo, otra correspondiente a los países con más de un millón de habitantes, incluyendo así 75 países y una tercera muestra correspondiente a 22 países de la OCDE con más de un millón de habitantes y que presenta por lo tanto menos variabilidad que las anteriores.

Los resultados de la estimación aparecen recogidos en las tres primeras columnas de la tabla 4, el modelo se estima en logaritmos, siendo $\ln(I/PIB)$ el ratio de inversión, $\ln(h)$ el logaritmo del porcentaje de población que se encuentra cursando educación secundaria. Los

resultados de la estimación del modelo restringido confirman la hipótesis de α y β igual a $1/3$ para las dos primeras muestras, pero no así para la OCDE.

La variable capital humano resulta positiva y significativa para explicar el PIB per capita. Aunque los propios autores reconocen que se trata de una medida imprecisa del mismo.

Tabla 4

Variable dependiente: PIB por persona activa en 1985.				Log de la diferencia PIB por persona activa en 1960-85		
Muestra Observ	No-Petr. 98	Interm. 75	OCDE 22	No-Petr. 98	Interm. 75	OCDE 22
Constante	6.89 (1.17)	7.81 (1.19)	8.63 (2.19)			
ln(I/PIB)	0.69 (0.139)	0.70 (0.15)	0.28 (0.39)			
ln(n+g+ δ)	-1.73 (0.41)	-1.50 (0.40)	-1.07 (0.75)			
ln(h)	0.66 (0.07)	0.73 (0.10)	0.76 (0.29)			
R ²	0.78	0.77 (0.45)	0.24 (0.33)			
Regresión restringida				Ecuación de convergencia		
Constante	7.86 (0.14)	7.97 (0.15)	8.71 (0.47)	2.46 (0.48)	3.09 (0.53)	3.55 (0.63)
ln (Y60)				-0.299 (0.061)	-0.372 (0.067)	-0.402 (0.069)
ln(I/PIB)- ln(n+g+ δ)	0.73 (0.12)	0.71 (0.14)	0.29 (0.33)	0.5 (0.082)	0.506 (0.095)	0.396 (0.152)
lnh-ln (n+g+ δ)	0.67 (0.07)	0.74 (0.09)	0.76 (0.28)	0.238 (0.06)	0.266 (0.08)	0.236 (0.141)
R ² ajustado	0.78	0.77	0.28	0.46	0.44	0.66
λ				0.0142 (0.0019)	0.0186 (0.0019)	0.0206 (0.002)
α	0.31 (0.04)	0.29 (0.05)	0.14 (0.15)	0.48 (0.07)	0.44 (0.07)	0.38 (0.13)
β	0.28 (0.03)	0.30 (0.04)	0.37 (0.12)	0.23 (0.05)	0.23 (0.06)	0.23 (0.11)

Fuente: Mankiew, Romer y Weill (1990)

De acuerdo con los resultados obtenidos estiman que la función de producción coherente con estos sería de la forma: $Y = K^{1/3} H^{1/3} L^{1/3}$ de modo que el crecimiento económico vendría dado por las tres variables consideradas en la misma proporción de $1/3$. La introducción del capital humano en el modelo de Solow no solo proporciona mejores resultados en la estimación, sino que incluso el capital físico presenta una influencia mayor de lo que se suponía en dicho trabajo.

En la segunda parte de la tabla se presentan las estimaciones para cada una de las muestras teniendo en cuenta el criterio de convergencia propuesto por Solow, los resultados indican un mayor papel para el capital físico que en las anteriores regresiones, siendo el coeficiente de α cercano o superior a 0.40 en las tres regresiones y el de β de 0.23.

Además de los resultados sobre el capital humano estos autores contrastan la hipótesis de convergencia de acuerdo con la aproximación de Solow, el ratio de convergencia vendría dado por $\lambda = (n+g+\delta)(1-\alpha-\beta)$, la inclusión del capital humano en la ecuación de convergencia supone que esta se produzca de un modo más lento, así de acuerdo con los resultados de la estimación anterior en los que λ era 0.02 para los países de la OCDE supondría que la convergencia se llevaría a cabo en 35 años, la velocidad es por lo tanto menor que en el modelo de Solow.

2.5.- Otros modelos de efecto nivel.

MODELO DE NONEMAN y VANHOUDT

El modelo de Nonneman y Vanhoudt tiene como punto de partida los dos anteriores, tomando los datos del trabajo de BARRO y LEE (1994) y la inversión en I+D procedente de la OCDE se realiza la estimación para 22 países de la OCDE con más de un millón de habitantes.

La ecuación a estimar es la siguiente:

$$\ln[Y_j^*] = \alpha_0 + \frac{\alpha_k}{1-\alpha_k+\alpha_h+\alpha_t} \ln(s_{kj}) - \frac{\alpha_h}{1-\alpha_k+\alpha_h+\alpha_t} \ln(s_{hj}) + \frac{\alpha_t}{1-\alpha_k+\alpha_h+\alpha_t} \ln(s_{tj}) - \frac{\alpha_h+\alpha_h+\alpha_t}{1-\alpha_k+\alpha_h+\alpha_t} \ln(n_j + t) + \varepsilon_j$$

la principal diferencia en cuanto a su forma funcional respecto a los anteriores viene dada por la inclusión de una nueva variable constituida por la tecnología, en la ecuación aparece recogida a través del subíndice "t".

Las variables explicativas del modelo son las siguientes:

$\ln Y_t$ = logaritmo del cociente entre el PIB y la población activa en 1985 y 1960.

$\ln Y_0$ = procedente del trabajo de SUMMERS y HESTON

s_k = media de la inversión real privada en el PIB

s_h = porcentaje de la población activa con educación secundaria

s_t = media de los ratios de inversión en I+D en el PIB.

n = crecimiento anual de la población entre 1960-1985.

Los resultados de la estimación se recogen en la tabla 5

Tal y como puede observarse en la tabla la inclusión de la variable de conocimiento tecnológico supone elevar la bondad del ajuste del modelo hasta alcanzar a explicar casi las tres cuartas partes de las variaciones en la renta per capita.

Los resultados obtenidos difieren sensiblemente de los obtenidos por MANKIW, ROMER y WEILL (1992), la influencia del capital humano en los países de la OCDE analizados resulta menos importante de lo que estos autores suponían, el poder explicativo del modelo aumenta de forma considerable al incluir la variable correspondiente a la tecnología, lo que indicaría según estos autores que la no inclusión de esta variable en el modelo supondría la omisión de una variable relevante en el mismo.

Tabla5

Variable dependiente: $\ln Y_t / Y_0$			
Muestra	Solow	MRW	Nonneman, Vanhoudt
Constante	2.798 (0.546)	3.225 (0.784)	4.573 (0.934)
$\ln Y_0$	-0.343 (0.055)	-0.384 (0.057)	-0.492 (0.082)
$\ln (s_k) - \ln (n+0.05)$	0.624 (0.149)	0.535 (0.151)	0.413 (0.156)
$\ln (s_h) - \ln (n+0.05)$	-	0.207 (0.118)	0.175 (0.113)
$\ln (s) - \ln (n+0.05)$	-	-	0.098 (0.055)
R^2 ajustado	0.720	0.747	0.774

Fuente: Noneman y Vanhoudt (1996)

Al igual que en el modelo anterior, podemos representar la función de producción del siguiente modo: $Y = [K^{1/3} H^{3/20} T^{3/35}] L^{2/5}$, el capital presenta la misma proporción que en el modelo de Mankiw, Romer y Weill, pero no sucede lo mismo con las demás variables explicativas.

DE LA FUENTE (1996) et al.

En la línea de la investigación desarrollada por estos autores en el trabajo de 1994, el modelo que presentan en este trabajo parte del modelo de Solow ampliado de MANKIW, ROMER y WEIL (1992) en el que la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo G_{Qit} vendrá dada por la siguiente expresión:

$$G_{Qit} = g_{it} + \lambda a_{it} - \lambda q_{it} + \left(\frac{\lambda \alpha}{1 - \alpha - \beta}\right) * \ln\left(\frac{sk_{it}}{n_{it} + g_{it} + \delta}\right) + \left(\frac{\lambda \beta}{1 - \alpha - \beta}\right) * \ln\left(\frac{sh_{it}}{n_{it} + g_{it} + \delta}\right)$$

donde q_{it} es el logaritmo de la productividad del trabajo y a_{it} el logaritmo del índice de eficiencia técnica del país “i” del año t a $t+d$.

Distintas variantes de esta ecuación se presentan de acuerdo con las posibilidades del progreso técnico de cada país y su acercamiento al país líder.

Además de la convergencia propuesta a través del modelo de crecimiento neoclásico, se incorpora un segundo factor de convergencia relacionado con el efecto catch-up, que el capital humano provoca en los países pobres y les permite el acercamiento hacia los países líderes. La estimación de las variedades de la ecuación propuesta se realiza para 21 países de la OCDE, con datos de panel de subperíodos de 5 años durante el período 1963-88.

Se presentan nueve estimaciones diferentes en las que se consideran varias especificaciones de la ecuación original, de las que la ecuación preferida por los autores es la siguiente:

$$G_{Qit} = 0.146 + 0.0186q_{it}(\lambda) + 0.025 \ln s_k / (\delta + g + n) (\Gamma_k) - 0.307 dU + 0.127 \text{ Catch-up} +$$

(3.88) (4.48) (4.52) (6.85) (8.61)

$$1.432 \text{ CJAP} (\Gamma_{cja}) + 0.057 \text{ AVR}D * \text{CAVL}2 (\Gamma_z) + 0.0095 \ln s_k / (\delta + g + n) (\Gamma_h)$$

(2.41) (4.13) (2.04) $R^2 = 0.728$

La variable dependiente G_{Qit} es la tasa media anual de crecimiento del PIB por trabajador, procedente de Summers y Heston; q_{it} el logaritmo del producto por trabajador al comienzo del período; s_k la inversión pública y privada como fracción del PIB; s_h el número de estudiantes de secundaria sobre la población activa y $CAVL2$ la fracción de población que al menos ha comenzado su escolarización secundaria, $AVRD$ el gasto en I+D en función del PIB procedente de la UNESCO su producto recoge el progreso técnico; DU el incremento de la tasa de desempleo.

Los resultados de esta estimación mejoran los de especificaciones alternativas, observando para el capital humano la existencia de efectos de nivel y efectos tasa.

Se observa un proceso de convergencia con una tasa similar a la de otros estudios en los que se acercaba al 2% y también se confirma la importancia del efecto “catch-up” que proponían Mankiw, Romer y Weill.

3.-LA EDUCACIÓN EN LOS MODELOS ECONÓMÉTRICOS: EFECTOS TASA.

3.1.- MODELO DE ROMER (1990)

Los trabajos desarrollados por ROMER a finales de la década de los ochenta constituyen uno de los pilares de las nuevas teorías del crecimiento endógeno, así en esta línea el modelo que exponemos a continuación incluye el capital humano como una nueva forma de acumulación de capital además de los considerados tradicionalmente.

El modelo planteado por ROMER presenta tres tipos de capital, desarrollando de este modo de forma importante el papel del capital humano. L_i , capital físico, como coordinación y resistencia; medido a través de la inversión en nutrición, salud, etc... E_i , educación adquirida

en la escuela primaria, medida a través de los años de escolarización. S_i , talento científico adquirido en la educación post-secundaria, medida en años de escolarización post-secundaria.

Romer considera que la tecnología viene determinada por el nivel de E y S de forma que explicarían el crecimiento de K y de este modo también el del producto per capita.

La proxy que se utiliza para medir la tecnología A vendría dada por la inversión, que está correlacionada con el crecimiento del ingreso per capita, de modo que ya no sería válida la teoría neoclásica del crecimiento en la que se consideraba un elemento exógeno, se enmarca así este trabajo en la línea del crecimiento endógeno.

La inversión a su vez viene determinada por el capital humano, de forma que este influiría también en el crecimiento a través de esta última. Además señala que en un regresión para explicar el crecimiento en la que se incluyan ambas variables la educación podría no resultar significativa, ya que su efecto vendría recogido en la variable inversión.

También considera el efecto del “catch-up” que los países pobres pueden desarrollar en relación con la tecnología, de forma que esta crecería de forma más rápida que en los más desarrollados, de modo que podría existir una correlación negativa entre el ingreso inicial y el crecimiento del output.

El modelo estimado por Romer parte de la base de Summers y Heston para 112 países, en el período 1960-85, los datos de capital humano proceden de la UNESCO.

El capital humano se mide a través de la alfabetización, ya que es un dato del que dispone para un mayor número de países y además considera que se trata de una medida más homogénea entre países que el nivel educativo de la población.

La regresión del crecimiento del PIB per capita, incluye como variables explicativas, Y_{60} nivel de ingreso inicial, INV proporción de la inversión en el PIB a precios corrientes, GOB proporción del consumo del gobierno, y dos ficticias para África y Latinoamérica.

Tabla 6

Δ PIB			
C	1.886 (0.667)	2.045 (0.956)	2.264 (1.136)
Y_{60}	-0.0006 (0.0001)	-0.0002 (0.0002)	-0.0004 (0.0003)
INV	0.188 (0.027)	0.147 (0.035)	
GOB	-0.116 (0.029)	-0.092 (0.035)	-0.0508 (0.0405)
AFDUM	-0.897 (0.444)	-1.227 (0.605)	-1.027 (0.7179)
LADUM	-1.295 (0.402)	-1.373 (0.414)	-1.833 (0.476)
LT60	0.015 (0.008)	0.006 (0.0172)	0.038 (0.018)
R^2	0.58		

Los resultados de la estimación indican la confirmación de la hipótesis de convergencia, ya que el ingreso inicial tiene un coeficiente negativo, y la educación ejerce un efecto positivo para el crecimiento medido a través de LT60 que representa el porcentaje de población alfabetizada en ese año.

Romer considera que podrá existir un error de medida en el ingreso inicial que podría provocar una correlación espúrea en la regresión, y esto podría producir un sesgo en el coeficiente estimado de la educación.

Usando variables instrumentales para corregir los errores en ambas variables, el nivel inicial de ingresos y el ratio de escolarización. Las variables instrumentales incluidas en la segunda ecuación son el logaritmo del número de periódicos per capita consumidos en 1960 NP60, el número de radios por 1000 habitantes en 1960 RD60. El primero como indicativo de la alfabetización y el segundo del ingreso per capita.

Los resultados de la estimación con variables instrumentales serían indicativos de la existencia de una correlación entre los ingresos iniciales y la alfabetización, aunque incluyendo solo esta última en la regresión no resulta significativa, si lo serían los ingresos iniciales al excluir ésta.

Los resultados de la ecuación 3, confirmarían la hipótesis planteada en el modelo teórico por Romer que señalaba que el capital humano y la inversión están correlacionados, de modo que si excluimos la inversión de la regresión la proxy del capital humano resulta significativa.

Realizando una regresión para tratar de explicar el comportamiento de la inversión observa que tanto la tasa de alfabetización como el cambio producido en ésta presentan Romer una correlación positiva con la inversión.

3.2.-MODELO DE KYRIACOU (1991)

Partiendo como los autores anteriores de la teoría neoclásica del crecimiento económico, y en concreto planteándose la hipótesis de convergencia Kyriacou desarrolla un modelo teórico y empírico basado en la función de producción Cobb-Douglas, tratando de clarificar en que medida el capital humano contribuye al crecimiento económico.

Parte de una función de producción Cobb-Douglas:

$$Y = A K^{\alpha} L^{\beta} H^{\gamma} H^{\delta}$$

donde Y es el nivel de output, K el stock de capital, L la fuerza de trabajo, y H los años de escolarización de la fuerza de trabajo como proxy del capital humano, A es el conocimiento tecnológico, asumido como exógeno

Tomando logaritmos y derivando respecto a “t”:

$$Y/Y = A/A + \alpha K/K + \beta L/L + (\gamma + \delta) H/H$$

La tabla 7 presenta los resultados de la estimación suponiendo una depreciación constante del 8%, excluyendo en la muestra los países de la OPEC.

Las diferencias en las muestras estimadas vendrían dadas por la forma de estimar la variable L que en la tercera columna se complementa con datos procedentes del ILO Statistical Yearbook y se calcula como empleados menos personas que buscan empleo.

Los resultados de la estimación indican que en ninguna de las tres regresiones el capital humano resulta significativo, sin embargo al reducir la muestra a un número de países más pequeño y homogéneo el capital humano a pesar de no ser significativo, presenta signo positivo.

Tabla 7

Variable	Coef	1970-85	1965-85	1970-85 (ILO)
c		0.0009 (0.27)	0.009 (2.52)	0.0023 (0.54)
$K \Delta$	α	0.5548 (9.41)	0.4620 (7.08)	0.522 (6.89)
$L \Delta$	β	0.3428 (0.9)	-0.0347 (-0.13)	-
$L \text{ (ILO)} \Delta$	β	-	-	0.1896 (1.8)
$H \Delta$	$\delta + \gamma$	-0.1122 (-1.29)	0.1535 (1.10)	0.0659 (0.78)
N		80	39	40
R^2		0.6278	0.6061	0.7831

El trabajo presenta un coeficiente bajo y no significativo en las tres regresiones efectuadas, aunque los resultados mejoran ligeramente al corregir la muestra tal y como antes se indicaba.

La ecuación estimada indica que existen rendimientos decrecientes a escala ya que la suma de los coeficientes es menor que uno.

Los resultados son más satisfactorios para la muestra de la segunda y tercera estimación, los cuales a su vez disponen de un mayor número de años de escolarización de la fuerza de trabajo, lo que podría estar a favor de la hipótesis de la existencia de efectos umbral.

Kyriacou plantea dos posibles explicaciones a estos resultados que en principio parecen contradecir la literatura empírica del crecimiento que presenta un efecto positivo del capital humano sobre el crecimiento económico: podría suceder que los niveles iniciales de capital humano no se encontrasen recogidos en la función de producción Cobb-Douglas, examinando dos posibilidades:

- El capital humano es más efectivo cuanto mayor es su nivel medio, existirían efectos umbral a partir de los que la educación es más productiva.

- La omisión del cambio tecnológico, el nivel inicial de capital humano puede servir como proxy de esta variable, tal y como planteaba Romer (1990).

Otra explicación podría ser la no inclusión de la calidad de la educación que vendría dada por el gasto educativo u otras variables similares como ratio profesor alumno, etc...y que suele ir inversamente correlacionada con el incremento en la cantidad de educación, esto lleva a que el coeficiente de la educación este sesgado hacia abajo, pero los intentos de inclusión de esta variable en KYRIACOU (1991) no dieron los resultados esperados.

Este hecho supone que la elasticidad de h (nivel educativo per capita, medido a través de los años de escolarización de la población activa) será mayor cuanto mayor sea su nivel, y existen según el autor varios argumentos para defender esta posición.

El primero es que para un menor h es esperable que existan unos mayores costes fijos en su producción, una segunda posibilidad es que se trate de países con mayor dedicación a la agricultura en la que los niños forman parte de la mano de obra., su acceso a la educación supone un alto coste de oportunidad para las familias. Finalmente se puede argumentar que existen transacciones, interacciones, comunicaciones y otros costes que existen cuando los trabajadores son analfabetos o disponen de un bajo grado de escolarización.

Para tratar de clarificar este aspecto contrasta dos funciones de producción, para comprobar si el nivel de h afecta a la producción:

$$Y = A K^{\alpha} L^{\beta} H^{\gamma + \delta h}$$

en esta función la elasticidad del output no es constante, depende del nivel de h y H :

$$\epsilon_{HY} = \gamma + \delta (1 + \ln H) h$$

La segunda formulación contrastada es la siguiente:

$$Y = A K^{\alpha} L^{\beta} H^{\gamma} e^{\delta h}$$

donde la elasticidad del output no es constante, depende del nivel de h .

Presenta un incremento monótonico de la elasticidad con respecto a h :

$$\epsilon_{HY} = \gamma + \delta h$$

Las funciones de producción resultantes serían:

$$dY/Y = \alpha dK/K + \beta dL/L + \gamma dH/H + \delta h (1 + \ln H) dH/H \quad (1)$$

$$dY/Y = \alpha dK/K + \beta dL/L + \gamma dH/H + \delta h dH/H \quad (2)$$

Como no existen transacciones con pequeños cambios, para cambios por encima de 15 años, es más apropiado escribir la ecuación usando diferencias entre el período inicial y final:

$$\ln(Y_2/Y_1) = \alpha \ln(K_2/K_1) + \beta \ln(L_2/L_1) + \gamma \ln(H_2/H_1) + \delta \ln(H_2^{h_2}/H_1^{h_1}) \quad (1')$$

$$\ln(Y_2/Y_1) = \alpha \ln(K_2/K_1) + \beta \ln(L_2/L_1) + \gamma \ln(H_2/H_1) + \delta(h_2 - h_1) \quad (2')$$

Los resultados de la estimación aparecen en la tabla. La depreciación del capital se asume del 8% (obteniendo similares resultados cuando se asume del 10%), se excluyen los países OPEC.

Tabla 8

Variable		(1)	(2)	(3)	(4)
c		-0.0066 (-1.36)	-0.0041 (-1.07)	-0.0063(-1.37)	-0.0032(-0.87)
K 7085	α	0.5346 (10.12)	0.5339 (10.04)	0.5331 (10.14)	0.5363(9.98)
L 7085	β	0.1579 (0.52)	0.3297 (1.18)	0.0684 (0.22)	0.3488 (1.25)
H7075	γ	-0.0224 (-0.23)	-0.1237 (-1.45)	-0.0431(-0.46)	-0.1730(-0.99)
$h_{70}(1+\ln H_{70})dH/H$	δ	0.02 (2.9)			
$\ln(H_{85}^{h_{85}}/H_{70}^{h_{70}})$	δ		0.0249 (3.27)		
$h_{70} dH/H$	δ			0.0654 (3.06)	
$h_{85}-h_{70}$	δ				0.0735 (2.98)
N		80	80	80	
R ²		0.6630	0.6702	0.6681	

Las dos primeras columnas representan la estimación de las dos ecuaciones (1) y las dos siguientes la (2). Los resultados confirman la hipótesis de partida e indican que la elasticidad de H depende positivamente de su nivel inicial, δ resulta positivo y significativo y confirma la hipótesis anterior, de modo que un menor nivel educativo inicial contribuye de forma negativa al crecimiento económico.

El trabajo continua sin resultar significativo, lo que lleva a plantearse a Kyriacou el hecho de que una parte de su efecto está recogido en el propio capital humano, de modo que este absorbería parte de su efecto en la función de producción.

La segunda explicación que plantea sería en la línea de ROMER (1990) en el que el conocimiento tecnológico de un país depende de su nivel inicial de capital humano, en el equilibrio, el crecimiento del output vendría dado por el crecimiento del cambio técnico determinando por el nivel de h.

Se considera que hay diferencia entre dos tipos de capital H_1 usado en el sector de bienes finales, y H_2 usado en el sector de investigación que produce tecnología. El stock agregado de conocimiento se produce de acuerdo con:

$$A_t = \delta A_t H_2 \quad \text{o} \quad A_t/A_t = \delta H_t \quad \text{donde } \delta > 0$$

Cuanto mayor sea el capital humano se utiliza para la investigación, mayor será el crecimiento de la tecnología. Para los países en desarrollo que no disponen de tecnológico H_2 es el capital humano empleado en la imitación y adopción de nuevas tecnologías de los países

desarrollados. Incorporando este aspecto a la ecuación resulta que la ecuación estimada es la siguiente:

$$dY/Y = \alpha dK/K + \beta dL/L + (\gamma + \delta) dH/H + g(H)$$

En la columna (1) $g(h) = \eta \ln h$ donde h es la media de los años de escolarización de la fuerza de trabajo en 1970; en la columna (2) $g(h) = \eta h$; en la columna (3) $g(h) = \eta + \theta h^2$.

Tabla 9

Variable		(1)	(2)	(3)	(4)
c		-0.0169 (-1.839)	-0.0145 (-1.58)	-0.0232 (-2.09)	-0.0176 (-1.62)
K 7085	α	0.5401(10.03)	0.5467 (9.89)	0.5298 (9.72)	0.4893 (8.89)
L 7085	β	0.2396 (0.8)	0.4331 (1.58)	0.2707 (1.03)	0.3645(1.35)
H7075T	γ	0.0984 (0.66)	-0.007 (-0.06)	0.0718 (0.569)	0.0721(0.66)
ln (h70)	η	0.0081 (2.31)			
h70	η		0.0019 (2.01)	0.0071 (2.54)	0.0072(2.9)
h70sqr	θ			-0.0005 (-2.37)	-0.0006(-2.87)
REVCoup					-0.0198(-2.57)
N		80	80	80	80
R ²		0.6528	0.6411	0.6553	0.6954

Estos resultados confirman la hipótesis que el capital humano contribuye al crecimiento económico a través de su efecto en el cambio tecnológico.

También existen otros factores que afectan al conocimiento tecnológico, como la inestabilidad política, esto se contrasta en la columna (4) de la tabla utilizando el índice de inestabilidad política de BARRO y WOLF (1989) la variable REVCoup está medida como la media del número de revoluciones y guerras entre 1960-85 o algún subperíodo. La inclusión de esta variable no afecta a los coeficientes del capital humano.

Como conclusiones más importantes de este trabajo se extrae el hecho de que el capital humano resulta significativo para el crecimiento económico a partir de un determinado nivel, lo que confirmaría la hipótesis de AZARADIS y DRAZEN(1990) de la existencia de efectos umbral. Se confirma la hipótesis planteada por ROMER (1990) que el capital humano afecta al crecimiento económico a través del efecto indirecto que provoca sobre la tecnología.

Sin embargo a pesar de que el propio Kyriacou es el primero en señalar que el capital humano contribuye de forma positiva al crecimiento económico, los resultados de sus estimaciones verifican las dos hipótesis anteriores, pero todavía se mantiene la no significatividad del factor trabajo en la estimación final, si bien el propio autor señala que una parte del efecto de este factor vendría a su vez recogido por la inclusión en la función de producción del capital humano como un factor productivo adicional.

3.3.-MODELO DE BENHABID Y SPIEGEL (1994)

El modelo planteado por estos autores parte de una función de producción Cobb-Douglas, con Y_t (ingreso per capita) como variable dependiente, las variables explicativas son el capital físico (K_t), el trabajo (L_t) y el capital humano (H_t) :

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta H_t \varepsilon_t \text{ tomando logaritmos y aplicando diferencias, resulta:}$$

$$(\log Y_t - Y_0) = (\log A_t - \log A_0) + \alpha (\log K_t - \log K_0) + \beta (\log L_t - \log L_0) + \gamma (\log H_t - \log H_0) + (\log \varepsilon_t - \log \varepsilon_0)$$

El stock de capital humano es el estimado por KYRIACOU (1991) a través de la relación entre el nivel educativo de la fuerza de trabajo desde 1974 hasta 1977, para 42 países y tomando los valores pasados de la inversión en capital como los matriculados en educación primaria, secundaria y terciaria, extrapolando los resultados para un gran número de países, tal y como se recoge en el capítulo 2 en el que exponemos el método de estimación del capital humano propuesto por este autor. Los ingresos, la población, y la población activa se toman de SUMERS Y HESTON (1991).

Analizando las correlaciones entre las variables, observan una fuerte correlación entre el logaritmo del capital físico, el humano y los ingresos, además los resultados no dependen de la medida del stock de capital humano.

El coeficiente estimado para dH resulta o bien negativo o no significativo, la explicación que presentan para este fenómeno radica en el número de países, especialmente de África que para ese período disponen de un bajo stock de capital humano, por lo que módicas variaciones de su nivel educativo están condicionadas a largas variaciones de su stock. Además no disponen de experiencia en estas variaciones en el output, lo que implica un pequeño coeficiente de γ en la regresión. Aunque introduciendo variables ficticias para África y Latinoamérica los resultados se mantienen, a pesar de que éstas no resulten significativas.

Estimando el modelo con diferentes submuestras y especificaciones, los resultados son similares, siendo DH negativa. Estimando el modelo en niveles, los resultados no mejoran de forma sensible obteniendo un signo positivo para la variable capital humano pero dicha variable no resulta significativa.

Ante los insatisfactorios resultados presentados por las ecuaciones anteriores estos autores presentan un modelo alternativo de crecimiento económico, ya que la literatura empírica tradicionalmente atribuye un papel significativo al capital humano en el crecimiento económico.

Partiendo de la idea de NELSON y PHELPS (1966) de la relación del crecimiento tecnológico con el capital humano, y asumiendo las nuevas teorías del crecimiento endógeno, asumen H como exógeno, provocando un mayor nivel de éste un crecimiento del nivel tecnológico A .

El modelo estimado estaría entre los ratios de crecimiento de A_i catch-up (Nelson y Phelps) y los niveles de capital humano del crecimiento del ingreso per capita. Sin embargo los resultados de la estimación indican que el capital humano continua sin ser significativo, la

explicación de esta situación vendría dada por el hecho de que un país rico no necesite un alto conocimiento tecnológico debido al efecto catch-up de difusión tecnológica.

Por último desarrollan una especificación más de acuerdo con la teoría, partiendo de una función de producción Cobb-Douglas $Y_t = A_t (H_t) K_t^\alpha L_t^\beta$ tomando diferencias en logaritmos, la relación a largo plazo de crecimiento de 0 a T puede especificarse como:

$$\log(Y_T - Y_0) = (\log A_T(H_t) - \log A_0(H_t)) + \alpha (\log K_T - \log K_0) + \beta (\log L_T - \log L_0) + (\log \varepsilon_T - \log \varepsilon_0) \quad (2)$$

El crecimiento de la productividad depende de dos factores: del nivel de capital humano que refleja el efecto de una innovación doméstica y el segundo un término interactivo que refleja el nivel de capital humano y el retraso tecnológico de un país que quiere ser el líder, y captura el efecto catch-up. Para un país “i” la especificación estructural sería:

$$(\log A_T(H_t) - \log A_0(H_t))_i = c + g H_i + m H_i (Y_{\max} - Y_i/Y_i) \quad (3)$$

donde c representa el progreso tecnológico exógeno, $g H_i$ el nivel tecnológico endógeno, asociado con la habilidad de cada país para innovar, y $m H_i (Y_{\max} - Y_i/Y_i)$ representa la difusión de tecnología exterior.

El término de innovación doméstica indica que el stock de capital humano evoluciona independientemente del aumento del progreso técnico, el efecto catch-up sugiere que si el capital humano permanece constante, los países con menor productividad podrían llegar a tener mayores ratios de crecimiento de ésta.

$$(\log A_T(H_t) - \log A_0(H_t))_i = c + (g - m) H_i + m H_i (Y_{\max} / Y_i) \quad (4)$$

Insertando la ecuación (4) en la (3):

$$\log(Y_T - Y_0) = c + (g - m) H_i + m H_i (Y_{\max} / Y_i) + \alpha (\log K_T - \log K_0) + \beta (\log L_T - \log L_0) + (\log \varepsilon_T - \log \varepsilon_0)$$

Los resultados de la estimación de esta ecuación por MCO usando la estimación través de la matriz de corrección de White, aparecen recogidos en la tabla 10.

Tabla 10

DY	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Constante	0.1627 (0.1142)	-0.2268 (0.2822)	0.0528 (0.2246)	0.2324 (0.2483)	0.0538 (0.1345)
H	-0.0136 (0.0144)	0.0439 (0.0224)	-0.0003 (0.0366)	-0.0736 (0.0586)	0.0021 (0.0154)
H(Ymax/Y)	0.0011 (0.0002)	0.003 (0.0009)	-0.0001 (0.0009)	0.0012 (0.0003)	0.0007 (0.0003)
dK	0.4723 (0.0717)	0.5076 (0.0944)	0.5517 (0.1226)	0.5233 (0.1431)	0.5005 (0.0771)
dL	0.1880 (0.1640)	0.1720 (0.2325)	0.5389 (0.3884)	0.2901 (0.5069)	0.2045 (0.1558)

Y _{max} /Y	-	-	-	-	0.0014 (0.0010)
R ²	45.245	9.778	11.136	18.471	37.667
Obs	78	26	26	26	78

Fuente: BS (1994) (Entre paréntesis figuran los errores standard.)

En el modelo 1, el efecto catch-up es positivo y significativo, es por lo tanto la vía por la que el capital humano contribuye al crecimiento económico, esta evidencia estaría a favor de los denominados efectos tasa.

El modelo 2 se estima para los países más pobres, obteniendo los mismos resultados respecto al efecto “catch-up” que en el anterior, sin embargo para el modelo 3 que representa al grupo de países medios no resulta significativo, al igual que sucede en el modelo 4 que representa a los países más ricos.

En el modelo 5 se introduce el ingreso inicial para comprobar si el modelo es robusto a esta variable, hecho éste que se comprueba con la significatividad del parámetro del efecto “catch-up”, no debiéndose por lo tanto todo el efecto al proceso de convergencia del modelo neoclásico.

Como conclusiones de los diferentes modelos teóricos y estimaciones empíricas llevadas a cabo por estos autores, observan que el capital humano como factor explicativo para el crecimiento económico presenta resultados satisfactorios cuando se analiza en términos de productividad. Afecta a dicho crecimiento a través de dos vías, por una parte la innovación del propio país y por otra la velocidad de adopción de tecnología del exterior.

El modelo definitivo se estima en niveles ya que consideran que los ratios de crecimiento de este factor no juegan un papel determinante en la fijación del ingreso per capita.

Una novedad importante en este modelo es la consideración de la interacción del capital humano con los demás factores que contribuyen al crecimiento económico.

De hecho la correlación que existe entre el conocimiento tecnológico y el efecto “catch-up” que el capital humano provoca sobre este, lleva a que se expliquen los resultados negativos que en algunos modelos se presentan respecto a la contribución del capital humano al crecimiento, ya que el efecto que pretende recoger la variable proxy del capital humano ya estaría implícitamente considerado en otros elementos de la función de producción.

3.4.- Otros modelos de efectos tasa.

ENGELBRECHT (1997)

La interacción del capital humano y la tecnología ha sido tratada desde el trabajo de NELSON y PHELPS (1966) desde diversas aproximaciones, resultando algunas como la de Benhabid y Spiegel un tanto desalentadoras para el papel del capital humano en el desarrollo económico.

En esta línea de trabajo y partiendo de los estudios que analizan el papel del I+D en los modelos de crecimiento endógeno Engelbrecht desarrolla un modelo basado en el trabajo de Coe y Helpman añadiendo a este trabajo el papel del capital humano.

COE y HELPAM (1995) elaboran un modelo econométrico para explicar la productividad total del trabajo definida esta como $TFP = (\log Y - \beta \log K - (1 - \beta) \log L)$, siendo β la proporción de capital en el PIB. Esta productividad se explica fundamentalmente a través de dos factores, el I+D propio y el foráneo, construido este último como una ponderación del primero por las importaciones de los principales países competidores. Las principales conclusiones a las que llegan estos autores es la importancia no solo del I+D propio sino también del foráneo que para la mayoría de los países de menor tamaño tendría mayor influencia incluso que el propio.

Basándose en este trabajo Engelbrecht desarrolla un nuevo modelo en el que la ecuación estimada es similar al anterior, pero añade además una variable relativa al capital humano, para tratar así de analizar la interacción entre I+D y capital humano que proponían ya Nelson y Phelps.

Así la ecuación estimada a través de este modelo es la siguiente:

$$TFP = f(S_{it}^d, G7 * S_{it}^d; mit-1 * S_{it}^f, Hit-1)$$

donde S^d es el stock privado de I+D, $G7$ una ficticia para el grupo de los siete, S^f el stock de capital de I+D extranjero, m la proporción de importaciones en el PIB, y H el stock de capital humano de cada país. Además se añade una variable $C = \text{PIB per capita} / \text{PIB per capita EEUU}$, que recoge otros elementos que podrían ejercer un efecto catch-up además del considerado en las anteriores variables.

Se trata de analizar si el I+D y el stock de capital humano presentan alguna interacción, de modo que el capital humano podría afectar a la productividad a través del I+D, tal y como ya se adelantaba en el modelo de Benhabid y Spiegel.

La estimación se realizó para 20 países de la OCDE e Israel, para el período 1975-85; utilizando como proxy para la variable capital humano los años medios de escolarización de BARRO y LEE (1993).

El modelo se estima a través de dos vías, por una parte se estima un modelo de corrección de error, utilizando la técnica de los datos de panel y la técnica de cointegración; y por otra parte se estima un modelo a través del método de mínimos cuadrados ordinarios.

En el modelo estimado a través de la técnica de la cointegración, la inclusión del capital humano en el modelo reduce el efecto del I+D foráneo, afectando muy poco a los restantes coeficientes. El capital humano resulta significativo en la estimación, al contrario de lo que sucedía para los países más desarrollados en el trabajo de BS.

Además de ésta se realiza una estimación a través de MCG, ya que los residuos de la estimación de BS no eran normales, los resultados de la estimación para el capital humano en niveles confirman el resultado de estos últimos; sin embargo si añadimos un efecto de

interacción entre el capital humano y la variable C que reflejaba el gap tecnológico de los diferentes países, esta nueva variable ejerce un efecto positivo y significativo sobre la productividad. Por último para confirmar la robustez de sus resultados estiman un modelo en el que se incluye la variable C en niveles, confirmándose la significatividad de todas las variables.

Estos autores confirman los resultados obtenidos por Benhabid y Spiegel para los países más desarrollados de la OCDE, al incluir la interacción existente entre el capital humano de un país y su retraso con respecto a un país más desarrollado, en este caso se trata de EEUU.

La interacción de ambas variables hace que el capital humano si resulte significativo por si mismo para explicar lo que denominan productividad total, pero además serían también importantes tanto el I+D propio como el foráneo, en términos del trabajo de Nelson y Phelps estaríamos hablando de efectos tasa y efectos de nivel, existirían ambos tipos de efecto ya que la inclusión del capital humano si hace que la variable I+D pierda parte de su efecto, ya que una parte de este vendría explicada por el propio capital humano.

La gran correlación existente entre el capital humano y el gasto en investigación, y los efectos positivos de ambos sobre el crecimiento económico hace que en otros modelos también se presente esta dificultad de separar ambos tipos de efectos, como en Guisán, Cancelo y Expósito (1998), y en Guisán, Cancelo, Aguayo y Díaz(2001), si bien en estos últimos estudios se señala que el efecto de la educación tiene con frecuencia un mayor impacto positivo sobre el crecimiento económico que el efecto del gasto en investigación.

4.- LA EDUCACIÓN EN LOS MODELOS ECONOMETRICOS: EFECTO NIVEL Y OTROS.

Como se pone de manifiesto en Neira y Guisán(2002), son muy importantes los efectos indirectos que la educación produce sobre el desarrollo.

En dicho estudio se analizan los enfoques del efecto inversión de Barro, Benhabid y Spiegel y Neira y Guisán, todos ellos con interesantes resultados respecto al importante efecto positivo que el incremento del nivel educativo de la población tiene sobre el capital físico por habitante, y por lo tanto sobre el incremento de productividad media y marginal del trabajo.

En dicho estudio se comenta además que la educación tiene otros numerosos efectos indirectos positivos sobre el nivel de desarrollo económico de los países, al impulsar la moderación de las tasas excesivas de natalidad y al contribuir al desarrollo de un ambiente socio-cultural que propicia el desarrollo.

En cuanto a los efectos sobre la moderación del crecimiento demográfico, un estudio interesante es el de Guisán, Aguayo y Expósito(2001), en el que se comprueba con una muestra cross-section internacional que el efecto medio de un incremento de dos años de escolarización es la reducción de una unidad en tasa de fertilidad, ya que las familias con mayor nivel educativo, en promedio, tienen comportamientos más moderados en el crecimiento demográfico que las familias con menores estudios. Como allí se señala son varios los motivos que provocan este efecto de la educación sobre la demografía, y muchos de

ellos han sido analizados en modelos microeconómicos y otros estudios microeconómicos basados en encuestas.

Los efectos sobre el capital social también han sido destacados por otros autores, como se pone de manifiesto en Portela y Neira(2002).

En la próxima sección presentamos algunos modelos de la autora basados en datos de la OCDE que tienen en cuenta algunos efectos directos e indirectos de la educación sobre el desarrollo económico.

5.- ESTIMACIÓN DE MODELOS DE CAPITAL HUMANO CON DATOS DE LA OCDE.

Hemos estimado el efecto directo del nivel educativo sobre la producción por habitante, basado en la función de producción Cobb-Douglas, similar al propuesto por Neira y Guisán(2002), con datos de USA y Canadá. El modelo se expresa de la forma:

$$(1) \log(\text{PIBH}) = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{KAPH}) + \beta_2 \log(\text{PS2}) + \varepsilon_t$$

siendo PIBH el PIB per capita en dólares de 1985 y paridades de poder adquisitivo de Summers y Heston, KAPH el stock de capital per capita, en dólares de 1985 procedente de la misma fuente.

PS2 el nivel educativo de la población, porcentaje de la población activa con nivel educativo secundario o superior, fuente Barro y Lee (1993), corregida la serie a través de los datos de la OCDE (1995), al igual que en el modelo que presentamos en la sección 5.

Los datos recogidos en la tabla 11 corresponden a las variables antes descritas, para Canadá (CA) y Estados Unidos (EU) durante los quinquenios comprendidos entre 1965-90.

Tabla 11. PIB per capita, stock de capital físico y humano.

Obs	PIBH	KAPH	PS2
US-1965	11649	6580	58.12
US-1970	12963	9169	61.59
US-1975	13682	10581	63.66
US-1980	15295	12206	86.91
US-1985	16570	13614	85.41
US-1990	18054	16571	84.00
CA-1965	8664	6611	41.71
CA-1970	10124	8683	51.25
CA-1975	12287	10648	57.46
CA-1980	14133	13413	63.17
CA-1985	15589	16220	67.08
CA-1990	17173	21345	71.00

Fuente: SUMMERS y HESTON (1991), BARRO Y LEE (1996) y OCDE (1995)

Hemos realizado los contrastes de estabilidad de la muestra descritos en Guisán (1997) página 158, obteniendo como resultado la homogeneidad de total de la muestra, siendo las F resultantes del contraste las siguientes:

a) Contraste de homogeneidad de los coeficientes angulares:

$F_1 = 3.63$ $F_{2,6} = 5.14$ Aceptamos H_0 , homogeneidad.

b) Contraste de homogeneidad de los β_{0i} .

$F_2 = 5.9$ $F_{1,8} = 5.32$ Rechazamos H_0

c) Contraste de homogeneidad total:

$F_3 = 5.6$ $F_{3,6} = 4.76$ Rechazamos H_0

La ecuación elegida de acuerdo con los resultados del contraste de estabilidad es una ecuación con variables ficticias en la ordenada en el origen, tal y como aparece recogida en la tabla 12.

Al tratarse de una combinación de series temporales y atemporales, debemos contrastar la presencia de heterocedasticidad en la muestra, para ello realizamos el contraste de la razón de verosimilitud cuyo resultado $LR = 13.03$ es superior al valor crítico de una $\chi^2_1 = 2.71$ por lo que rechazamos la hipótesis nula de homocedasticidad.

La tabla 12 muestra los resultados de la estimación con variables ficticias, corrigiendo la heterocedasticidad.

Los resultados de la estimación muestran una elasticidad positiva del capital humano y el capital físico respecto al PIB.

La no significatividad de la variable relativa al capital humano, se debe a la elevada multicolinealidad existente entre el stock de capital físico y humano.

Este tema se ha tratado con detalle en Guisán y Neira(2002), en donde presentamos modelos alternativos para explicar el efecto de la educación en el crecimiento económico, que tienen en cuenta el importante efecto indirecto que el capital humano tiene sobre la producción, a través del incremento del capital físico.

Tabla 12. Resultados de la estimación de la función de producción Cobb-Douglas.

GLS (Cross Section Weights) // Dependent Variable is LOG(PIBH?)				
Sample: 1965 1970 1975 1980 1985 1990				
Included observations: 6				
Total panel observations 12				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(KAPH?)	0.455351	0.085986	5.295668	0.0007
LOG(PS2?)	0.233348	0.169125	1.379733	0.2050
USA—C	4.349265	0.310693	13.99859	0.0000
CAN—C	4.225133	0.318406	13.26965	0.0000
Weighted Statistics				
R-squared	0.990127	Mean dependent var		9.521708
Adjusted R-squared	0.986425	S.D. dependent var		0.340559
S.E. of regression	0.039680	Sum squared resid		0.012596
Log likelihood	32.05938	F-statistic		267.4282
Prob(F-statistic)	0.000000			
Unweighted Statistics				
R-squared	0.976402	Mean dependent var		9.514666
Adjusted R-squared	0.967552	S.D. dependent var		0.220438
S.E. of regression	0.039708	Sum squared resid		0.012614

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ARRANZ, M.; FREIRE, M^aJ., GUISÁN, M.C., (1997) "An International Comparison of Education, Growth and Employment" . *Investigación Económica*, Vol. LXI, N.235, pp. 45-64, UNAM, México.
- AZARIADIS, C. and DRAZEN, A. (1990) "Threshold externalities in economic development" *The Quarterly Journal of Economics*, May 1990, pgs 501-526.
- BARRO, R and LEE, JONG-WHA (1993) "International comparisons of educational attainment" *Journal of Monetary Economics*, vol 32, pgs 363-394.
- BARRO, R and LEE, JONG-WHA (1994) "Sources of economic growth" *Carnegie - Rochestes Conference of Public Policy* N° 40, pgs 1-46.
- BARRO, R. and SALA-I-MARTIN, X. (1995) *Economic Growth*. McGraw-Hill
- BARRO, R and LEE, JONG-WHA (1996) "International Measures of Schooling Year and Schooling Quality" *American Economic Review. Papers and Proceedings*. N° 86 (may) pgs 218-223.
- BARRO, R and LEE, JONG-WHA (1997) "Schooling quality in a cross section of countries" *NBER Working Papers Series* N° 6198.
- BARRO, R. (1997a) *Determinants of Economic Growth*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- BECKER, G. (1964) *Human capital*. (Columbia University Press for The National Bureau of Economic Research. New York) Versión en español BECKER, G (1983) *El capital humano*. Alianza Universidad. Madrid.
- BECKER, G. (1973) *Human capital. A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. Columbia University Press, New York.
- BENHABID, J. y SPIEGEL, M (1994) "The role of human capital in economic development. Evidence from aggregate cross-country data" *Journal of Monetary Economics*, n° 34, pgs 143-173.
- BLAUG, M. (1970) *Introduction to the economics of education*. Harmondsworth: Penguin Books.
- DENISON, E. (1980) "The contribution of capital to economic growth" *The American Economic Review*, vol 70, n° 2, pgs 221-231.
- ENGELBRECHT, H. (1997) "International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD economies: an empirical investigation" *European Economic Review*, n° 41, pgs 1479-1488.

-FOSTER, A. D. and ROSENWEIG, M. (1996) "Technical change and human-capital returns and investments: evidence from the Green Revolution" *The American Economic Review*, vol 86, nº 4, pgs 931-953.

-FREIRE SEOANE, Mª J. (1990) *Análisis y estimación de la demanda de educación superior en la Comunidad Autónoma Gallega*. Tesis doctoral dirigida por Mª C. Guisán Seijas. Universidad de Santiago de Compostela.

-FUENTE de la, A., ROCHA, da J.M (1996) "Capital humano y crecimiento: un panorama de la evidencia empírica y algunos resultados para la OCDE". *Moneda y Crédito*, nº 203, pgs

-GUISÁN, M. C. (1975) Estudio econométrico de las funciones agregadas de producción. Tesis doctoral. Universidad de Santiago.

-GUISÁN, M.C. (1976a) "La heterogeneidad del factor trabajo y la función agregada de producción. Un análisis teórico y empírico" *Revista española de economía*, septiembre-diciembre 1976, pgs 247-256.

-GUISÁN, M.C (1976b) "Nivel educativo de la población activa y evolución del empleo en España" *Económicas y empresariales*, revista de la UNED, pgs 140-149.

-GUISÁN, M.C. (1983) *La predicción de la renta y el empleo*. Universidad de Santiago de Compostela.

-GUISAN, M. C. (1997) "Economic growth and education: a new international policy". 22nd SID World Conference, documento de la serie *Economic Development* n.18, de la Euro-American Association of Economic Development Studies, free downloadable.¹

-GUISAN, M. C., FRIAS, I. (1997) "Economic growth and social welfare in the European regions". Documento de la serie *Economic Development* n.9, de la Euro-American Association of Economic Development Studies, free downloadable.¹

-GUISAN, M.C. and CANCELO, M. T., and DIAZ, R (1997) "Regional patterns of industrial sectors in EU countries 1980-95" Documento de la serie *Economic Development* n.16, de la Euro-American Association of Economic Development Studies, free downloadable.¹

-GUISÁN, M.C. and CANCELO, M. T. (2001). Economic Development in OECD countries during the 20th century. Working Paper of the Series *Economic Development*, n.49, de la Euro-American Association of Economic Development Studies, free downloadable¹.

-KYRIACOU (1991) "Level and Growth Effects of Human Capital : a Cross-Contry Study" *Economic Journal* nº 49, pgs 783-792.

-LEE, D.W. and LEE, T.H. (1995) "Human capital and economic growth. Test based on the international evaluation of educational achievement" *Economic Letters*, Nº 47, pgs 219-225.

-LEVINE , R. and RENELT, D. (1992) "A sensitive analysis of cross-country growth regressions" *The American Economic Review*, vol 82, nº 4, pgs 942-963.

- LUCAS, R. (1988) " On the mechanics of economic development" *Journal of Monetary Economics*", nº 22, pags 3-42.
- NEIRA, I (1996) *Análisis cuantitativo del gasto en educación en Europa*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Santiago de Compostela.
- NEIRA, I. GUISÁN, M.C. (1997) "Educación y crecimiento: una perspectiva mundial 1960-99" . *Estudios Económicos de Desarrollo Internacional*, Vol. 1-1, pp. 9-35. Distribuye Mundi-Prensa, Madrid.¹
- NEIRA,I. (1998) *Educación y crecimiento mundial: estudio econométrico del impacto del capital humano*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones. Universidad de Santiago de Compostela.
- NEIRA, I. GUISÁN, M.C. (2002) *Modelos econométricos de capital humano y crecimiento económico: estimación del efecto inversión en países de la OCDE, Latinoamérica y Asia*. Documento de la serie *Economic Development* n.62, de la Euro-American Association of Economic Development, free downloadable.¹
- NELSON y PHELPS (1966) "Investments in human, technological diffusion and economic growth" *American Economic Review*. Papers and Proceedings.
- NONEMAN, W.AND VANHOUDT, P. (1996) "A further augmentation of the Solow model and the empirics of economic growth for OECD countries" *The Quaterly Journal of Economics*, vol CXI, issue 3.
- OCDE (1995a) *OECD Education statistics, 1985-1992*. Paris.
- OCDE (1995b) *Análisis del panorama educativo. Los indicadores de la OCDE*, Paris.
- OCDE (1996-1997) *Education at a glance*. OCDE Indicators. OCDE París.
- O'NEILL, D. (1995) " Education and income growth: implications for crosss-contry inequality". *Journal of Political economy*, vol 103, nº6, pgs 1289-1301.
- OROVAL PLANAS, E. (1996) *Economía de la educación*. Ariel. Barcelona.
- OROVAL PLANAS, E., ESCARDÍBUL, JORDI (1998) "Aproximaciones a la relación entre educación y crecimiento económico. Revisión y estado actual de la cuestión". Hacienda Pública Española, monográfico, pgs 49-60.
- PALAFOX, J.;MORA, J.G.; PEREZ, F. (1995) *Capital humano, educación y empleo*. IVIE. Fundación Bancaixa.
- PSACHAROPOULOS , G. (1989) "Time trends of the returns to education: cross-national evidence" *Economics of Education Review*, vol 8, Nº3, pgs 225-231.
- ROMER, P.M. (1986) "Increasing Returns and Long-Run Growth" *Journal of Political Economy*, vol 94, nº 5, pgs 1003-1037.

-ROMER, P.M. (1990) "Endogenous technological change" *Journal of Political Economy*, vol 98, nº 5, pgs 71-101.

-ROMER, P.M. (1993) "Idea gaps and objet gaps in economic development" *Journal of Monetary Economics*, vol 32, pgs 543-573.

-SALA-i- MARTIN, X. (1994) *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosch Editor

-SERRANO, L. (1998) *Capital humano, estructura sectorial y crecimiento en las regiones españolas*. Documentos de Trabajo. IVIE. WP- EC- 98-04.

-SCHULTZ, T. (1963) *The economic value of education*. (Columbia University Press. New York) Versión en español SCHULTZ, T. (1968) *Valor económico de la educación*. Manuales UTHEA: N°93. México.

-SOLOW, M. (1956) "A Contribution to the Theory of Economic Growth" *Quarterly Journal of Economics*, LXX; pgs 65-94.

-SOLOW, M.; ARROW, K.J.; CHENERY, B.S. and MINHAS, B.S. (1961) "Capital labor substitution and economic efficiency". *The review of Economics and Statistics*, nº 3, vol XLIII.

-SUMMERS, R. and HESTON, A. (1991) "The Penn World Table (mark 5): and expanded set of international comparisons, 1950-1988." *The Quarterly Journal of Economics*, May 1991, pgs 327-367.

-LUCAS, R. (1990) "Why doesn't capital flow from rich to poor countries?" *American Economic Review, Papers and Proceedings*, pgs 92-96.

-LUCAS, R. (1993) "Making a miracle" *Econometría*, vol 61, nº 2, march, pgs 251-272.

-MADDISON, Angus (1989). *L' économie mondiale au 20e siècle*. OCDE. París.

-MANKIW, G.N., ROMER, D. , WEIL, D.N. (1992) "A contribution of the empirics of economic growth" *The Quarterly Journal of Economics*, may 1992, pgs 407-437.

-MAS, M.; PEREZ, F.; SERRANO, L. (1995) *Capital humano, Series Históricas, 1964-92*. IVIE. Fundación Bancaixa.

-MORENO BECERRA, J.L. (1998) *Economía de la Educación*. Pirámide.

¹ Los documentos indicados están disponibles on-line en <http://www.usc.es/economet/aea.htm>